

Geomorphologische Studien aus Mitteldalmatien. (Kerka- und Cetinagebiet.)

Von

Dr. Otto Maull.

V o r w o r t.

Die vorliegende Arbeit stellt einen kleinen Beitrag zur Morphologie der Mittelmeerländer dar. Sie ist das Ergebnis einer im Frühjahr 1912 ausgeführten 6 $\frac{1}{2}$ wöchentlichen Reise durch die österreichischen Karstländer, bei der vor allem Mitteldalmatien (Kerka- und Cetinagebiet) als Studienbereich ausersehen wurde. Einer Anregung Herrn Prof. Dr. Eduard Brückners, die Kerkafälle einer morphologischen Untersuchung zu unterziehen, wurde dabei Folge geleistet. Es sei mir vergönnt, Herrn Prof. Dr. E. Brückner und nicht in geringerem Maße Herrn Privatdozent Prof. Dr. N. Krebs für alle Winke und für das Interesse, das beide Herren meinen Studien entgegenbrachten, den aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Nur zu gern bin ich dem Rate gefolgt, mit Arbeiten in Dalmatien zu beginnen; die Liebe zum Süden, die mir mein hochverehrter Lehrer Theobald Fischer, der Altmeister der geographischen Forschung im Mittelmeergebiet, eingepflanzt hat, trieb mich an die felsigen Gestade der Adria.

Inhaltsübersicht.

1. Die Verebnungsfläche von Kistanje und das Kerkatal.
 2. Kalktuffstudien an der Kerka, Cetina, dem Stobreč potok und der Pliva.
 3. Das Cetinagebiet. (Verebnungsfläche und Tal.)
 4. Das Mosorbergland zwischen Kerka und Cetina.
-

Die Verebnungsfläche von Kistanje und das Kerkatal.

Die Verebnungsfläche.

Zwischen dem Dinarischen Gebirge und dem Karstwellengebiet von Sebenico dehnt sich eine weite, fast vollkommen ebene Karsteinöde, die Verebnungsfläche von Kistanje. Ein Kreis mit dem Radius Kistanje-Knin oder Kistanje-Scardona, also ein Kreis von etwa 38 km Durchmesser mit Kistanje im Mittelpunkt umschreibt ziemlich genau den Hauptteil dieser einförmigen, recht selten von flachen Dolinen oder Talungen¹⁾ durchsetzten Landoberfläche, die sich an ihren Rändern in der Gestalt von Buchten und Zipfeln in das Dinarische Gebirge und das Karstwellengebiet hineinschiebt oder die in der Form von schmalen Streifen eingesenkte Becken umschlingt. (Becken von Knin, Kosovopolje, Petrovopolje.) Im NO und SO zwingen steilere, aber immer noch sanftgeneigte Böschungen zur Abgrenzung. An Ausbuchtungen reich verläuft die Grenzlinie im SO. Über die Stufenlandschaft von Benkovac, die auf jeder Treppenstufe den Charakter der Ebene zeigt, setzt sich die Verebnungsfläche nach NW hin fort.

Der Name für die Verebnungsfläche schwankt. Davis hat sie als „Penepplain back of Sebenico“ bezeichnet. Cvijić nennt sie „Rumpffläche von Scardona“. Ich möchte sie als Verebnungsfläche von Kistanje ansprechen, nach dem Dorf Kistanje, einem Straßenknotenpunkt und wirtschaftlichen Zentrum, das auch einem Blatt der Spezialkarte den Namen gegeben hat.

Auf seiner morphologischen Karte Gesamtdalmatiens²⁾ hat zuerst Cvijić eine Abgrenzung vorgenommen, auf deren Fehler Grund³⁾ schon im allgemeinen hingewiesen hat. Die Verebnungsfläche von Kistanje fällt durchaus in die als „Rumpffläche von Scardona“ ausgeschiedene Fläche der Cvijićschen Darstellung hinein, nur ergibt sich bei der Nachprüfung an Ort und Stelle die Abgrenzung längs der 500 m-Isohypse als wenig zutreffend, in den meisten Fällen als zu hoch gegriffen; z. B. kann jenes breite Verbindungsstück, das sich zwischen der „Wölbungs-

¹⁾ Bei meinen Wanderungen über die Verebnungsfläche fielen mir nur zwei Talungen besonders auf: 1. ein tiefer, eingekerbter Riß, den die Straße von Sebenico nach Scardona nach Überschreitung des Karstwellengebietes quert; 2. eine Talmulde bei Očestovo, NW von Knin. Beide Talungen liegen im Kreidekalk. — Muldenförmige Dolinen treten in großer Anzahl nordöstlich von Kistanje auf.

²⁾ J Cvijić, Die Bildung und Dislozierung der Dinarischen Rumpffläche. Pet. Mitt. 1909. 121—127, 157—163, 177—181.

³⁾ A. Grund, Beiträge zur Morphologie des Dinarischen Gebirges. Geogr. Abh. IX. 208. 1910.

zone“ und der Moseć planina von der Cikola zur Cetina erstreckt, nur als zertaltes Mosorbergland (vgl. Grund) aufgefaßt werden, das schon rein andschaftlich einen einschneidenden Kontrast zur Verebnungsfläche bildet. Die Ausdehnung der Verebnungsfläche längs des Küsteneocänstreifens von Sebenico bis Makarska, im Tal der Butišnica, im Gebiet der oberen Zermanja und über das Verbindungsstück zwischen dem Becken von Knin und dem Cetinskopolje muß als den Tatsachen widersprechend bestritten werden, ebenso ihre hohe Erhebung an der Westabdachung der Svilaja planina. Die Abgrenzung auf der beigegebenen morphologischen Karte (siehe Tafel I), die Einzelheiten erläutern soll, ergab sich aus Beobachtungen im Gelände.

Die Verebnungsfläche senkt sich von NO und O, wo sie westlich von Knin 350—360 *m*, westlich von Darniš 270 *m* hoch liegt, auf beiläufig 200 *m* am Scardonafall. Sie umspannt das Flußgebiet der beiden Flüsse Kerka und Cikola und greift nach Osten über. Auf dieser Beobachtung beruht der Hauptunterschied meiner Studie gegenüber der Cvijićschen Darstellung.

Gegenüber Cvijić¹⁾, der Dalmatien mit einem System von zusammenhängenden oder ineinandergreifenden, dislozierten „Rumpfflächen“ überzieht, muß, besonders für Mitteldalmatien, die strenge Lokalisierung der Abtragungsebenen nachdrücklich betont werden. In vollkommener Weise deckt sich im Cetinagebiet die Ausdehnung der Verebnungsfläche mit einem Streifen längs des oberirdischen Flußgebietes, nicht etwa mit dem gesamten hydrographischen Einzugsgebiet der Cetina. Die gleiche Beobachtung drängt sich im Kerkagebiet auf; nur greift hier die Verebnungsfläche von Kistanje nach NW — freilich nachträglich durch Stufenbildung gestört — in der Gegend des Mare di Karin und des Mare di Novegradi in das Gebiet der Zermanja über, eine Tatsache, die die Vermutung zuläßt, daß vielleicht beide Flußgebiete einmal einem einheitlichen Entwässerungssystem gegen NW hin angehört haben und der Durchbruch der Kerka durch das Karstwellengebiet später angegliedert worden ist. Doch wäre diese Frage noch eingehender zu untersuchen.

Oberflächengestalt und geologischer Bau stehen im Bereich der Verebnungsfläche in grellem Kontrast. Die fast ebene Oberfläche schneidet die Aufbrüche der Kreidekalke und die „in flache Falten gelegte obereocäne Schichtdecke“²⁾ ungemein scharf ab.

Über die Entstehung der Karstebene als Flußverebnungsfläche sind sich die einzelnen Forscher nicht in dem Maße einig, als es nach einer

¹⁾ Cvijić, Pet. Mitt. 1909. a. a. O.

²⁾ F. v. Kerner, Erläuterungen zur geolog. Spezialkarte. Blatt Kistanje—Darniš, pag. 6.

Bemerkung Götzingers¹⁾ der Fall zu sein scheint. Ich verweise dafür auf die wesentlichste Literatur²⁾ und pflichte der Penck-Grundschens Anschauung im allgemeinen bei. Für ein „lokales fluviatiles Erosionsstadium“, eine lokale Flußverebnungsfläche, sprechen folgende Umstände:

1. Das Zusammenfallen der Verebnungsfläche mit den heutigen Flußgebieten (Penck—Grund—Götzingen), das — wie erwähnt — auch bei der Cetinaverebnungsfläche beobachtet wurde.

2. Das Zusammenfallen der allgemeinen Neigung der Verebnungsfläche mit den Flußrichtungen. Quer zu der allgemeinen Neigung gegen SW läßt sich ein lokales Absinken gegen die Flußläufe hin feststellen.

3. Das Auftreten zahlreicher Einzelmosore.

4. Das Vorkommen von Augensteinen, Quarzgeröllen³⁾ östlich von Zelić, westlich von Knin im Kerkagebiet; in der Gegend von Caporice und Ugljane an der mittleren und bei Ribarić an der oberen Cetina.

Die Abtragungsebene von Kistanje — das gleiche gilt von den Cetinaebenen — stellt sich unter Berücksichtigung aller dieser Beobachtungstatsachen als eine lokale Verebnungsfläche von vorwiegend fluviatiler Entstehung dar, so wie sie Penck zuerst und dann Grund nach ihm aufgefaßt haben. Doch möchte ich auch der lösenden Erosion eine immerhin bedeutsame Rolle bei der Ausbildung der geradezu idealen Verebnungsfläche (vgl. Bild Nr. 4, Tafel III) zuschreiben.

Bisher ist der Beweis, daß der Ebene Erosionsrelikte in der Nähe der Wasserscheiden oder im oberen Flußgebiet — wie ich hinzufügen möchte — Einzelberge, Einzelmosore⁴⁾ aufgesetzt sind, nur an dem Beispiel des Monte Promina, der uns durch v. Kerners vorzügliche Forschungen geologisch bekannt ist, geführt worden, so von Penck, Grund, letzthin von Götzingen. Einzelmosore, die, wie es der Begriff will, aus dem Gestein der verebneten Umgebung aufgebaut sind, bilden auf der Verebnungsfläche von Kistanje sowie auf den später zu untersuchenden Cetinaebenen eine durchgängige Erscheinung; sie alle tragen Namen, die oft zur Charakterisierung ihrer kuppenartigen Form dienen.

¹⁾ G. Götzingen, Verhdlg. d. Geol. Reichsanst. 1912. 226.

²⁾ A. Penck, Geomorpholog. Stud. aus Bosnien und der Herzegowina. Ztschrft. D. u. Ö. A.-V. 1900. Bd. XXXI, 35. — N. Krebs, Exkursionsbericht 1898/99 des Ver. der Geogr. a. d. Univers. Wien. 120. — W. M. Davis, An Excursion in Bosnia, Hercegovina and Dalmatia. Bulletin of the Geographical Society of Philadelphia. 1901. 47. — E. Richter, Beiträge zur Ldskd. Bosniens und der Herzegowina 1907. 105. — J. Cvijić, Pet. Mitt. 1909. — A. Grund, Die Oberflächenformen des dinarischen Gebirges. Z. Ges. f. E. Berlin 1908. — A. Grund, Beiträge 1910. 208.

³⁾ Götzingen, Verhdlg. d. Geol. R. 1912. 227.

⁴⁾ Über den Begriff „Mosor“ bei Penck, Z. D. Ö. A.-V. 1900. 38. Ich schlage das Wort „Einzelmosor“ zur Bezeichnung jener Einzelberge vor, die die Ebene überragen, als Gegensatz zu dem sich aus Höhenzügen zusammensetzenden Mosorbergland (Grund).

Kleinere Mosore, deren höchster der Kalun (475 m) ist, sind im Süden dem Monte Promina vorgelagert. Im Norden liegen: Rudec (435 m), Lukar (428 m), nordöstlich von Kistanje der Radučić (360 m), westlich von Kistanje der Debelo brdo (365 m), Zečevo (Gradme 325 m). Diese Mosore liegen an den Wasserscheiden (im Westen) oder im Gebiet ehemaliger Quellflüsse (im Osten). NW vom Prokljan See¹⁾ bilden diese Einzelmosore eine für die Landschaft charakteristische Erscheinung (Kosa 396 m, Kondovača 398 m, Ostrovica 406 m usw.).

Unter ganz anderen Bedingungen, als sie heute dort herrschen, muß die weite Fläche von Kistanje, die jetzt keine Quelle, kein rinnendes Wasser zeigt, größtenteils fast vegetationslos und vollständig der Verkarstung anheimgefallen ist, eingeebnet worden sein. Ein großer Strom mit reichlicher Wasserführung muß an der Arbeit gewesen sein; denn der seit der oligocänen Faltung einsetzende Einebnungsprozeß hat während der Dauer des Miocäns eine ausgedehnte, aber auf das Flußgebiet beschränkte Verebnungsfläche fast im Niveau des Meeres zu schaffen vermocht. Einzelne von der Lateralerosion verschonte Restbestände von sehr verschiedenem Relief überragen diese Ebenheit. Als Restbestände gleicher Entstehungsweise, aber von ungleich größerem Areal sind die Mosorbergländer aufzufassen, die von eingeebneten alten Talmulden durchzogen werden. Die Hänge dieser Erosionsrelikte verfloßen sich in sanftem Übergang mit der Ebene. Verebnungsfläche, Einzelmosore und Mosorbergländer verdanken daher dem gleichen Abtragungsvorgang ihre Ausgestaltung. Dieser Verebnungsprozeß war bis zur Spät reife²⁾ — für die ich im Gegensatz zu Grund³⁾ (der Früh reife annimmt) eintrete — abgelaufen, als mit einer neuen Hebung im Oberpliocän oder am Anfang des Diluviums die Unterbrechung des Zyklus eintrat, die grundlegend für die Oberflächengestaltung von heute wurde. Ein neuer Zyklus wurde eingeführt. Junge Folgetäler, das Kerka- und Cikalatal, schnitten sich ein. Bei dieser Hebung und Schiefstellung wurde wahrscheinlich der westliche Teil der Verebnungsfläche zerstückt und auch die Stufenbildung um Scardona vorbereitet, die bei einer späteren Senkung in die Erscheinung treten konnte.

Das Kerkatal.

Dem Kerkatal ist noch keine eingehende morphologische Untersuchung zu teil geworden. Nur v. Kerner⁴⁾ hat den mittleren Tallauf

¹⁾ Kartenblatt Z. 30. Kol XIII. Zaravecchia u Stretto.

²⁾ Die vollkommene Form der Verebnung, das ausgeglichene Gefälle eines großen Stromes, die sanften Talmulden im Mosorbergländ sprechen für Spät reife.

³⁾ Grund, Beiträge 210.

⁴⁾ F. v. Kerner, Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. Wien 1897. Dem Aufsatz sind recht gute Ansichten der Wasserfälle beigegeben, auf die ich besonders verweisen möchte; doch ist dabei aus Versehen das Bild des Falles von Manailović mit dem des Falles von Marasovac verwechselt worden.

und seine Wasserfälle in anziehender Weise beschrieben. R. Schubert¹⁾ würdigt die Kerka im Zusammenhang mit den drei übrigen dalmatinischen Flüssen. Auch Cvijic²⁾ streift sie. Eine gute morphologische Studie bringt Götzing³⁾ in dem kurzen Aufsatz über das Becken von Knin.

Das Kerkatal, dem vom Petrovopolje her die Cikola in nahezu gleichaltriger Erosionsrinne zueilt, hat sich als konsequentes, cañonartiges Tal des jüngeren Erosionszyklus in die gehobene, spätreife Abtragungsebene in mehreren Phasen eingesenkt. Der landschaftliche Kontrast zwischen Tal und Ebene spiegelt dieses Nacheinander der Entstehung klar und deutlich wieder. Weit weniger durchsichtig gestaltet sich die Formenanalyse des Tales selbst. Konnte der geologische Bau der Verebnungsfläche bei der erklärenden Beschreibung der Oberflächengestalt fast gänzlich unberücksichtigt bleiben, so fordert die Erklärung der Talformen ein Eingehen auf die geologisch-petrographischen Verhältnisse. Steilwandige, fast vegetationslose Talschluchten sind an Kreidekalkaufrüchte (unterhalb und oberhalb Scardona; Babingrad; mittlere Kerka vom See von Bielobir aufwärts) oder an die mächtigen Bänke der Prominakonglomerate (von Marasovac bis zum See von Bielobir) gebunden. Sie wechseln mit Flußstrecken, die von ausgeglichenen, von Schutt und Vegetation bedeckten Hängen der leichter zerstörbaren tertiären Kalke (Alveolinenkalk, Nummulitenkalk usw.) und der weichen Mergel flankiert werden. (Umgebung des Scardonafalles und von Visovac.)

Subsequente Talmulden sind vornehmlich in den Mergelschiefeln zwischen Scardona und Marasovac (Mulden von Marasovac, Rupe, Dubravice, Scardona) quer zum Tallauf entstanden; sie haben die Verebnungsfläche zwischen Rupe und Dubravice zu einer zertalten, frühreifen Landschaft mit wenigen Reststücken der alten Oberfläche zerschnitten. Zeitweilige Wildbachtätigkeit trägt die Hänge ab; in den Bachrinnen finden sich grobe Konglomerate und Gerölle, die sich aus dem sandig-tonigen Bindemittel leicht lösen lassen. Schuttströme erfüllen die unteren Talenden und liefern den Seitenbächen der Kerka Material, um die durch Stauwirkung der Tuffwasserfälle ertrunkenen Buchten mit sich langsam vorschiebenden Deltas wieder auszufüllen. Wie weit dieser Akkumulationsprozeß vor sich gegangen ist, können am besten die auf der geologischen Spezialkarte (Z. 30. Kol. XIV. Kistanje und Dernis) eingetragenen Flußanschwemmungen bei Marasovac, an der Mündung des Voša potok, in der Mulde von Dubravice und an der Cikolamündung veranschaulichen.

¹⁾ R. Schubert, Die Entstehungsgesch. der vier dalmatinischen Flußtäler. Pet. Mitt. 1910, II. 11.

²⁾ Cvijic, a. o. O. 156, 157.

³⁾ Götzing, a. o. O.

Die ausgeglichenen Talgehänge, auch die Deltabildungen der Buchten lassen das Kerkatal auf weite Strecken hin als reif erscheinen. Davis¹⁾ hat die Umgebung des vom Scardonafall aufgestauten „Kerka-sees“ als reif bezeichnet. Jung, jugendlich — im Sinne der Davisschen Nomenklatur — erscheinen jedoch alle schon oben erwähnten Talstrecken, die an härtere Gesteine gebunden sind, vor allem der lange, schluchtartige Cañon der Brzička Strana, dann aber auch der ungleich kürzere Talriß unterhalb Manailović. Das Talstück vom Ausfluß aus dem Becken von Knin bis zum Fall von Manailović birgt steile, doch schon von Schutthalden durchsetzte Kalkwände, die von dem früher pendelnden Fluß ganz regelmäßig amphitheatralisch zurückgeschnitten wurden; zugleich aber zieht sich zwischen diesen Wänden und Felsrippen eine von der Kerka vor ihrer Regulierung ausgebildete, mäßig breite Talaue hin. Die Reife ist in diesem Talstück lokal bedingt: Die Barren der Wasserfälle haben die Verminderung des Gefälles bewirkt, den Fluß zur Lateralerosion und damit zur Ausbildung der breiteren Talsohle gezwungen. Mit der Verminderung des Gefälles ging eine Versumpfung Hand in Hand, die noch heute oberhalb des Sees von Marassovine zu sehen ist. Die dadurch notwendig gewordene Geradlegung des Flußbettes hat zugleich Ackerland geschaffen, das ja in Dalmatien so selten ist.

Die Travertinwasserfälle der Kerka, die über den ganzen Lauf verteilt sind, tragen viel zu der mannigfachen Ausgestaltung des Tales bei. Sie sind nicht wie Wasserfälle im allgemeinen ein Charakteristikum der Jugend. Als fremde, lokalwirkende Elemente lagern sich die fallbildenden Tuffmassen in das Tal ein. Sie bedingen einmal die stark gebrochene Gefällskurve der Kerka. Sie haben aber auch als lokale Erosionsbasis gewirkt und dadurch fast horizontale Talstrecken geschaffen. Werden beide so stark modifizierenden Momente weggedacht, so kann die Vorstellung eines ausgeglichenen normalen Kerkalaufs gewonnen werden, dessen Gefällskurve ich zu konstruieren versucht habe. (Fig. 1.) Sie entspricht beiläufig der Gefällskurve eines reifen Flusses. Aber im jetzigen Stadium wird die Kerka niemals außer bei eintretender Klimaänderung dem Ideal des normalen Erosionszyklus Genüge leisten oder nur nahe kommen. Die Umwandlungen, die die normale Entwicklung der Kerka erfahren hat, lassen sich nur aus der Karstnatur Mittel-Dalmatiens erklären. Die Weiterbildung der bisher als normal betrachteten Flüsse, vornehmlich auch die Entwicklung ihrer Travertinwasserfälle, wie ich sie im nächsten Teil zu geben gedenke, muß unter dem Gesichtspunkt des Karstzyklus betrachtet werden.

¹⁾ W. M. Davis, Die erklärende Beschreibg. der Landformen. Leipzig u. Berlin 1912. 154.

Als ich mit Geländestudien im Kerkatal begann, strebte ich auf Grund der Terrassenstudien eine Enträtselung der Geschichte des Tales und der Verebnungsfläche an. Die Literatur hätte mich eigentlich eines besseren belehren sollen, denn alle Beobachter klagen über eine auffällige Armut an Terrassen, namentlich an Schotterterrassen. In diese Klagen kann ich jetzt, wenn auch nicht in jenem bedenklichen Maße einstimmen. Der gesamte mittlere Kerkalauf von Knin bis oberhalb Marasovac hat keine Terrassen aufzuweisen, während am Oberlauf¹⁾ Schotterterrassen, am Unterlauf Ansätze zu Felsterrassen auftreten.

Im Becken von Knin habe ich zwei Terrassenniveaus konstatieren können. Durch Schubert²⁾ waren Konglomerate bekannt, die er für pliocän bis altquartär hält. Diese Konglomerate und Gerölle bilden zwei in ihrer Höhenlage um etwa 50 m verschiedene Niveaus. Die ältere aus festen Nagelfluhkonglomeraten aufgebaute Terrasse, in deren Untergrund an der Westseite das stark unebene Relief des roten Werfener Schiefers zu Tage tritt, setzt bei Punkt 325³⁾ östlich von Golubić ein, wird kurz südlich davon von einer Trockentalrinne, in der sich alte Tuffe abgesetzt haben, unterbrochen und zieht über P. 298 südwärts bis gegen Dognani hin; auf dieser Strecke bildet sie einen verebneten Höhenzug zwischen Dosnica und Radiljevica einerseits und Butišnica anderseits. Die meist gut gerundeten Gerölle sind durch ein kalkiges Bindemittel zementiert, deutlich geschichtet und auf der Westseite etwas steiler geneigt, als dem heutigen Gefälle entspricht. Es ist möglich, daß es sich um eine Deltabildung handelt, die sich in das niedergesunkene und ausgeräumte Becken ergoß. An dem Straßenknick südlich der Krema Tanasia finden sich auf der linken Talseite in der Höhe von 275 m (A)⁴⁾ Konglomerate. Südlich davon reicht der anstehende Fels des Vk. Kukovi bis zur Talsohle

¹⁾ Ich fasse Krčić und Butišnica als gleichwertige Quellflüsse der Kerka.

²⁾ Schubert, a. a. O. 11.

³⁾ Die Ortsangaben beziehen sich auf die Blätter der österreichischen Spezialkarte (1 : 75000), die als topographische Grundlage diente, und zwar kommen folgende Blätter für das Kerkagebiet in Betracht:

Für das Kerkagebiet :

- Z. 29. Col. XV. Luka—Halapić.
- Z. 29. Col. XIV. Knin—Ervenik.
- Z. 30. Col. XIV. Kistanje—Drniš.
- Z. 31. Col. XIV. Sebenico—Traú.

Für das Cetinagebiet außerdem :

- Z. 30. Col. XV. Gubin—Vrlika.
- Z. 31. Col. XV. Sinj—Spalato.
- Z. 32. Col. XVI. Imotski—Macarsca.
- Z. 32. Col. XV. Almissa—S. Pietro della Brazza.

⁴⁾ (A) kennzeichnet Höhenmessungen, die mit einem Aneroid der Firma Otto Bohne, Berlin, ausgeführt wurden.

hinab. Jenseits des Tals von Cačić folgt ein Felsvorsprung, von eckigen Konglomeraten überlagert, an den sich aber nach Süden hin in einer Erstreckung von $3\frac{1}{2}$ km eine ausgeprägte Terrasse anlagert. Auf der nördlichen durchaus flachen Hälfte (247—237 m (A)) finden sich zahllose schöne Lesesteine, Kalkschotter, die nach unten gegen den Talboden hin zu Bänken verkittet sind. Die Terrasse senkt sich von etwa 250 m (A) auf 236 m herab; sie ist im südlichen Teil weit weniger eben. Die für die kleinen mitteldalmatinischen „Poljen“ so charakteristischen Einzelhügel und Rücken, die teils aus Konglomeraten, teils aus anstehendem Fels bestehen, treten in dem vom Kerčić durchströmten Südostteil des Beckens auf und stören auch die Ebenheit der Terrasse. Ausbuchtungen am Terrassenrand spiegeln deutlich die Unterschneidungen durch den Fluß wieder und weisen der Terrasse ein verhältnismäßig jungliches Stadium zu. Auffällig ist allerdings, daß sich unter den Lesesteinen keine roten Werfener Schiefer befinden, mit denen die Kalkschotter und zahlreichen Tuffstücke des ebenen, von Butišnica und Radiljevica potok durchströmten Alluvialbodens gemischt sind. Eine ältere, der höheren Konglomeratterrasse entsprechende Terrasse dürfte im Tal der Butišnica weiter aufwärts gereicht und ein steileres Gefälle aufgewiesen haben. Sie ist wahrscheinlich dank der weichen darunter liegenden Werfener Schiefer bald zerstört worden. Nördlich der Werfener Schiefermulde und nördlich vom Durchbruch am Golo brdo zieht ein diese Annahme stützender Terrassenrest bis zur Gendarmeriekaserne. (Weitere Untersuchungen am Oberlauf der Butišnica anzustellen, war mir nicht möglich.) Schubert hat im Kerčić- und Dulibatal Konglomeratreste gefunden. Durch diese Tatsachen ist Cvijićs Ansicht, daß sich an der Kerka keine diluvialen Konglomeratterrassen fänden, und ihre Begründung mit der Annahme, daß die Quellgebiete niemals vergletschert gewesen seien, widerlegt. In neuester Zeit haben sich direkte Beweise für eine Vergletscherung der Dinara eingestellt. Götzinger¹⁾ hat am N- und NO-Hang der Dinara Moränen entdeckt. Ich habe südöstlich von der Kerčićquelle Schotter gefunden, die ich als glaziale deutete. Bei meiner Rückkehr sah ich, daß Schubert auf einer Skizze²⁾ die gleichen Glazialschotter eingezeichnet hat.

Dem Terrassensystem im Becken von Knin schließt sich als jüngere die Oberflächengestalt beeinflussende Bildung der Kalktuff an, der im Zusammenhang mit den übrigen Tuffvorkommen besprochen werden soll. Das Becken von Knin stellt sich in seiner heutigen Ausgestaltung, wenn auch seinen Rändern Spuren tektonischer Vorgänge (in der Umgebung des Topoljefalles), die es in die Verebnungsfläche eingesenkt

¹⁾ Götzinger, Zur Morphologie der Dinara. Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. Wien. 1912. 470.

²⁾ Schubert, a. a. O. 12.

haben, anhaften, als das Werk fluviatiler Kräfte dar. Der Erosion verdanken die charaktergebenden weiten Talungen ihren Ursprung; der Steilrand der Verebnungsfläche, die Wasserfälle sprechen für tektonische Anlage. Terrassen- und Flußtalauen, eingestreute Hügel, die der Erosion entgangen sind, bilden in den kleinen mitteldalmatinischen „Poljen“ wiederkehrende Züge. Schubert und nach ihm Götzinger fanden in dem aus dem Becken von Knin austretenden Cañon der Kerka keine Terrassen, somit keine Diluvialschotter und kein Neogen und schrieben daher der Ausbildung des verhältnismäßig breiten mittleren Tallaufes postneogenes Alter zu; das Fehlen der Diluvialschotter ist freilich damit noch nicht erklärt.

Gaetano Rovereto¹⁾ nimmt an, daß die Kerka in neogener und diluvialer Zeit durchs Kosovo- und Petrovopolje geflossen, und daß durch Anzapfung bei Knin der heutige Lauf entstanden sei. Wäre das der Fall gewesen, so befänden sich höchstwahrscheinlich Schotterterrassen in den Poljen und im alten Cikolatal. Schwerwiegende Gründe sprechen aber gegen diese Annahme. Die Cikola durchströmt im Gegensatz zur mittleren Kerka mit recht großem Gefälle (vergl. die Gefällskurve der beiden Flüsse (Fig. 1) — Derniš 265 m, Scardonafall 47 m — eine steilwandige, einfach gestaltete Talschlucht von jugendlichem Habitus.

Die Abweisung von Roveretos Hypothese bedingt keineswegs die Anschauung, die hydrographischen Verhältnisse seien stets dieselben geblieben. Es wäre geradezu unerklärlich, wie die eingeebneten Bänder und Streifen der Verebnungsfläche, die sich um die „Poljen“ winden, nur Vorläufern jener armseligen Wässerchen, die durchs Kosovopolje nach Norden zum Kerčić (Kosovčica) und durchs Petrovopolje nach Süden (Motić) zur Cikola fließen, ihre Entstehung danken sollten. Bei diesem unvereinbaren Widerspruch hat wahrscheinlich die Erwägung Roveretos eingesetzt. Die Oberflächengestaltung um die beiden Poljen heischt die Annahme eines größeren Flusses. Dieser Fluß ist aber nicht eine Kerka, die zur Cikola floß, sondern ein Quellfluß der Kerka gewesen, der wahrscheinlich in umgekehrter Richtung im Streichen der Schichten durchs Petrovo- und Kosovopolje zur Kerka bei Knin hinströmte. Ein gemäß Roveretos Annahme gerichteter Flußlauf hätte in ganz anderem Sinne die Unebenheiten einebnen müssen, die westlich von Derniš der Verebnungsfläche aufgesetzt sind. Die Gefällsverhältnisse auf der Verebnungsfläche entsprechen meiner Annahme. Wo der Ursprung dieses Quellflusses zu suchen ist, wie er sich zu dem alten Tallauf Petrovopolje — Muć erhalten hat, ob ihm aus der Quellenregion am Hange der Svilaja planina westlich von Uzdolje Bäche zugeflossen sind, ist schwer zu sagen. Auf den

¹⁾ Gaetano Rovereto, Studi di Geomorfologia. Genova. 1908, 183.

ersten Blick liegt die Vermutung nahe, daß dieser Quellfluß durch die rückwärtseinschneidende Cikola bei Derniš gekappt und damit die Flußrichtung in den Poljen umgekehrt wurde.¹⁾ Die steile Gefällskurve der Cikola unterhalb Derniš und die fast als Horizontale ausgebildete Kurve ihres Oberlaufes veranschaulichen die beiden von Grund aus verschiedenen Talstrecken. Doch muß es wohl bei der Problemstellung bleiben. Die Annahme eines im Kreidekalk und in den harten Prominakonglomeraten rückwärtsschneidenden Flusses ist schwer vorstellbar und will wohl ein Problem durch ein anderes erklären.

Das mittlere Kerkatal gibt von Knin bis zum Kloster Sv. Arkandjel keine Anhaltspunkte für die ältere Talgeschichte. Auch das Talstück zwischen dem Kloster und Roski Slap scheint solcher bar, doch weist dieser lange Cañon, die vielleicht großartigste, düster einsame Talstrecke, auffallende Knicke im Gehänge in etwa 120—130 *m* und 175—180 *m* Höhe auf; eine Erscheinung, die an und für sich nichts bedeutet, die aber im Zusammenhang aller Anzeichen doch an Wert gewinnt: oberhalb der oberen Gehängeknicklinie liegt auf einer Plattform Kloster Arkandjel 188 *m* hoch, unterhalb setzt sich die Linie in der oberen Terrasse in 171 *m* Höhe fort; ebenso schließt sich an die untere Linie die Travertinterrasse mit 100 *m* Höhe an. Eine Terrasse, die den Talboden der Kerka auf weite Strecken hin begleitet, besteht nirgends. Gehängeknicklinien zwischen Arkandjel und Roski Slap, Fluchten von Kuppen und Abschrägungen zwischen Babin Grad und Scardonafall, hier und dort auch gut ausgeprägte, aber in ihrer Erstreckung recht beschränkte Terrassen, die meist dem Niveau der Travertinterrasse angehören, folgen, durchsunkene Talböden andeutend, in buntem Wechsel talabwärts. Es ist ein Beispiel der Umwandlung und Zerstörung, denen Terrassen in einem geologisch so verschiedenartig aufgebauten Gebiete anheimfallen, wie es das untere Kerkagebiet darstellt. Trotz alledem ermöglichen die durch Beobachtung gewonnenen Anhaltspunkte Profile der alten Talniveaus, und zwar deren vier. Das höchste Niveau setzt an der 188 *m* hohen Plattform des Klosters Sv. Arkandjel ein, ist längs desschon erwähnten Cañons auf beiden Seiten in etwa 175—180 *m* verfolgbar, bildet auf der rechten Seite über der Ausweitung westlich von Marasovac in der Höhe von etwa 170 *m* (A) eine etwa 55 *m* unter der Hochfläche (225 *m*) liegende ausgeprägte, besiedelte Terrasse. Diese fällt mit scharfem Gehängeknick gegen eine tiefere Terrasse (85 *m* (A)) ab und zieht sich, weniger gut erhalten, durch Rinnen unterbrochen, in Rückenform zerstückt bis Babin grad hin. Ein nächster Anhaltspunkt liegt bei P. 165, einer flachen Rückenform oberhalb des Scardonafalls. Auf der linken Talseite setzt sich das Niveau in etwa 170 *m* Höhe fort, NW von Sumadol, liegt aber

¹⁾ Vgl. die Kartenskizze bei Rovereto, Studi di Geomorfologia.

in der abgeschrägten Kuppe P. 157 und der Einsattlung P. 143 schon merkwürdig tief. Das zweite Niveau deutet sich erst in der Gegend unterhalb Visovac an. Es sind tiefer liegende Kuppen und Rückenformen. Auf der rechten Talseite lassen sich nur drei benachbarte Punkte P. 139 130 (A), 120 (A) angeben. Nicht in demselben Maße beschränkt, läßt sich das Niveau auf der linken Talseite verfolgen. Mit P. 140 (A), einer abgeschrägten Bergkuppe östlich von Visovac, setzt es ein und ist oberhalb der linken Tuffterrasse in der Höhe von etwa 120 *m* wieder angedeutet; in derselben Höhe liegt der verebnete Sporn zwischen Kerka und Cikola, und in der gleichen Höhe ist ein Niveau der unteren Cikola erkennbar. Weiter unterhalb könnte P. 96 gegenüber Scardona in Betracht kommen. Das nächst tiefere Niveau läßt sich fast nur auf der rechten Talseite verfolgen. P. 106 (A) stellt einen steilen Bergkegel mit flachem Gipfel dar der durch einen markanten Sattel von dem Hintergehänge getrennt ist. Genau nördlich hat P. 106 sein ausgesprochenstes Gegenstück in P. 102 (A), dem einzigen Niveaupunkt auf der linken Talseite. Abwärts folgt noch oberhalb vom Scardonafall P. 96 in Terrassenform und hierauf in dem Seitental bei Scardona P. 66, die Höhe der oberen Terrasse des Tälehens angehend. Die durch Konstruktion gewonnenen Profile der drei skizzierten Niveaus (Fig. 1) erhalten durch den Umstand, daß sich alle dem Auge auffallenden Punkte in ein System von Niveaus einordnen lassen, einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit. Darin liegt die Rechtfertigung zu meinem Versuch. Der Mangel an Schotterfunden, der im Karst freilich nicht Wunder nimmt, ließ eben nicht von Fall zu Fall unterscheiden, ob Reste eines alten Talbodens oder Gebilde vorliegen, die der in jenem geologisch schon skizzierten Gebiet lokal ganz verschieden wirkenden Gehängeabtragung ihren Ursprung verdanken.

In dieser Hinsicht stellt sich die Travertinterrasse, die durch geologisch bestimmbare Ablagerungen gekennzeichnet wird und dank der jungen Absätze des öfteren ausgezeichnete Terrassenform bewahrt hat, diesen drei Niveaus gegenüber. Das Kerkatal verdankt den Travertinabsätzen, die als fremde Einlagerungen den Ablauf des normalen Erosionszyklus stören, seinen jugendlichen Taltypus. Trotzdem ist das Kerkatal, als normales Tal betrachtet, mehr als das Cetinal dem Stadium der Reife entgegengeeilt (vgl. Gefällskurven Fig. 1 u. 2). Dem echten Folgetal haben sich breite subsequente Talungen angegliedert, die sich in den weichen undurchlässigen Mergeln und leicht zerstörbaren Konglomeraten rasch rückwärts einschnitten und in der Gegend von Dubravice und Rupe eine reich zertalte Mittelgebirgslandschaft herausgearbeitet haben. Ihre Mündungsbuchten sind durch die Stauwirkung des Scardonafalles ertrunken, teilweise sind die Zipfel der Buchten aber wieder durch Schwemmlandbildung ausgefüllt worden, die bei der von Wildbächen und an Muren

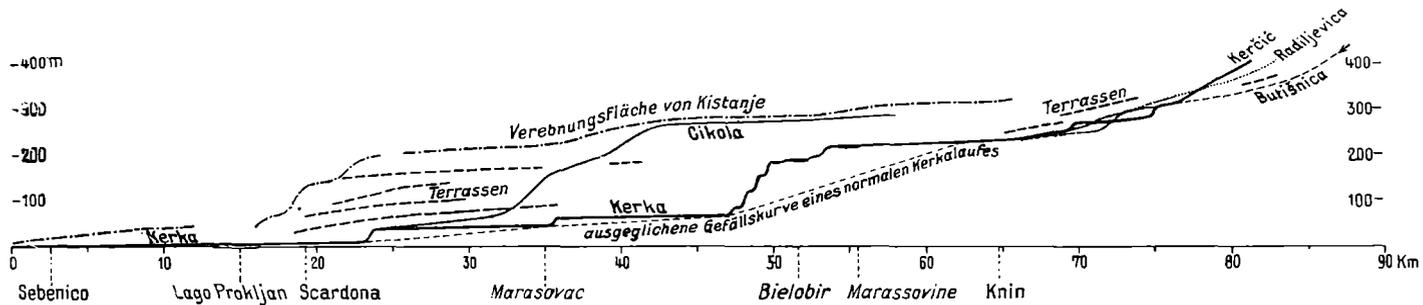


Fig. 1. Gefällskurven des Kerkaflußsystems.

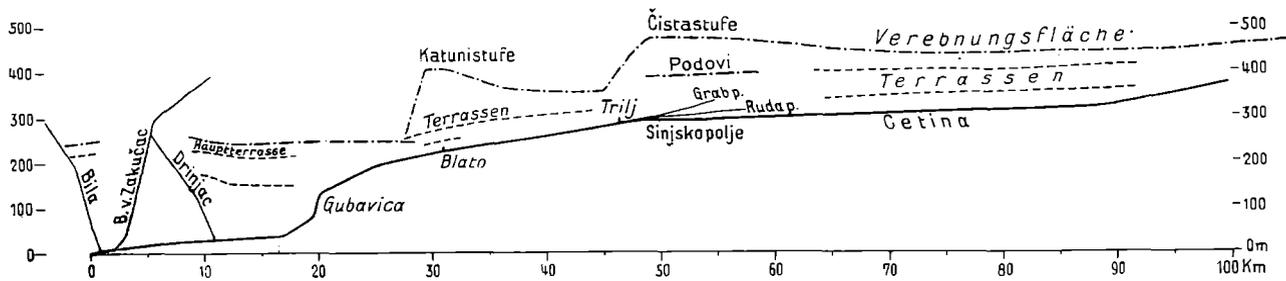


Fig. 2. Gefällskurven des Cetinaflußsystems.

reichen Schuttfuhr aus dem Gebiet zwischen Rupe und Scardona wohl begreiflich ist.

Nach dem Abstand der Terrassen zu urteilen, vollzog sich die nach Cvijić oberpliocäne, nach Grund unterpliocäne Hebung der Verebnungsfläche erst langsam, dann rascher. Zugleich mit der Hebung hat die Verebnungsfläche eine Schiefstellung erfahren. Etwa 350—360 *m* hoch liegt sie westlich von Knin. Langsam senkt sie sich bis auf 240—245 *m* in der Gegend von Kistanje, mit der Entfernung vom Fluß seitlich ansteigend. In der Umgebung des Scardonafalles liegt sie 200—220 *m* hoch. Dann folgt gegen den Prokljan See hin ein rasches unvermitteltes Absinken, das Stufen hervortreten läßt. Die Terrassen brechen ab und die Verebnungsfläche senkt sich sprungweise von 200 auf 140 bis 150 *m*; oberhalb Scardona tritt diese erste Verebnung an die Kerka heran; sie läßt sich in wesentlich breiterer Ausgestaltung in nordwestlicher Richtung bis in die Gegend nordöstlich vom Lago di Vrana verfolgen, wo sie 150—165 *m* hoch liegt. Die zweite Stufe (55—65 *m*) ist mehr lokal beschränkt; sie tritt in 65 *m* Höhe unterhalb Scardona an die Kerka, umschlingt nach NW hin den Prokljansee. Beide Verebnungen sind fast durchaus im Kreidekalk ausgebildet. Dieser Abfall der Verebnungsfläche gegen den Lago Prokljan hin verdankt einem Senkungsprozeß des Küstengebiets seine Entstehung. Cvijić spricht von einer Aufbiegung des Tartaro und einer Flexur in Küstennähe. Es scheint mir, daß ein Absinken vorliegt, das an Bruchstufen geknüpft ist. Die Senkung muß wahrscheinlich als postglazial, vielleicht aber auch als spätglazial angenommen werden. Sie setzte nach der Ausbildung der wohl pliocänen und diluvialen Kerkaterrassen ein und zerstörte diese im Unterlauf um Scardona durch Stufenbildung.

Die Verebnungsfläche ist unterhalb des Lago Prokljan schwer zu erkennen; erst bei S. Vito setzt sie in der Form gut ausgeprägter Terrassen ein, die sich, östlich über Sebenico hinaus der subsequenten Mulde folgend, bis zum Lago di Castel Andreis erstrecken. Das untere Kerkatal ist ein bis über Scardona hinaus bei dem letzten Senkungsprozeß ertrunkenes Tal.¹⁾

Unterhalb Sebenico durchbricht der heutige Kerkalauf im Kanal S. Antonio die 10—20 *m* über dem Meer gelegene Karstebene mit ihren winzigen Mosoren (vergl. Bild 1, Tafel II). Die Verebnungsfläche streicht flach gegen das Meer hin aus und läßt sich am Kanal von Sebenico nach NW bis gegen Vodice verfolgen.

Entgegen der bisherigen Annahme²⁾ scheint die Stufenbildung auch eine Erscheinung Mittel-Dalmatiens zu sein. Stufen, die Grund und

¹⁾ Vergl. A. Gavazzi, Mitt. Geogr. Ges. Wien. 1895, 443. — Vergl. auch das Diagramm bei Davis, Die erklärende Beschreibung der Landformen, 122.

²⁾ Grund, Beiträge. 211.

Cvijić erkennen lehrten, zerstückeln die Verebnungsflächen an der Cetina. Ansätze zu Stufen finden sich im Mosorbergland, sie kehren an der Kerka wieder und leben scheinbar im Übergangsgebiet der mitteldalmatischen zur norddalmatischen Karstebene bei Benkovac wieder auf. NÖ und SW von Benkovac¹⁾ ziehen zwei Stufen in 250 und 160 bis 170 *m* Höhe, auf stundenlange Erstreckung verfolgbar, hin, denen sich anscheinend in der Gebirgszone noch mehrere angliedern lassen. Allerdings haben in der Landschaft um Benkovac auch Ausräumungserscheinungen in großzügiger Weise die Hand im Spiele.

Kalktuffstudien an der Kerka, Cetina, dem Stobreč potok und der Pliva.

Alle Wasserfälle der Kerka (7 Fälle) und ihrer Quellflüsse Butišnica (1) und Kerčić (2) verdanken dem Kalktuff ihre unmittelbare Entstehung. Es wäre überaus verlockend, die unvergleichlich ästhetische Wirkung der Kerkafälle zu schildern: das Widerspiel erhabenster Einförmigkeit der Umrahmung und mannigfaltigster Fülle der Fallregion, den so vielfach verkörpertem Gegensatz von tiefster Ruhe und wildesten, stürmischer Bewegung, durchflutet von oft flackernder Lichtfülle, alles getaucht in intensivste Farbenpracht. Mangel an Raum und das Ziel der Abhandlung verbieten jedoch eine Abschweifung. Der Morphogenese der Travertinwasserfälle und Tuffterrassen seien die folgenden Zeilen gewidmet. E. Brückner²⁾ hat zum erstenmal die morphologische Formenanalyse am Scardonafall durchgeführt, dessen Ablagerungen von v. Kerner kartiert und schon von Penck, Davis und anderen, letzthin von Gregory flüchtig studiert worden waren. Brückner hat Ablagerungen aus drei verschiedenen Phasen, getrennt durch zwei Erosionsphasen, unterschieden. Es ist mir gelungen, diese Trennung der Ablagerungen an den meisten Fällen der Kerka durchzuführen und an zwei Stellen eine Zone jüngster Ablagerungen aufzufinden, die in die letzte gegenwärtige Phase fällt und Einblick in den Bildungsprozeß der Kalktuffabsätze gewährt. Die Tuffablagerungen sind, freilich nur jeweils in der Nähe der Wasserfälle eingelagert, über den gesamten Kerkalauf verstreut.

Die Ablagerungen des Scardonafalles (vergl. Tafel II, Bild 2) bilden in ihrer Gesamtheit eine Barre, die in einer Erstreckung von 1 bis 1½ *km* Länge den Flußlauf in seiner ganzen Breite in der Höhe von etwa 35 bis 40 *m* sperrt. (Fuß des Falles 8·5 *m* (A), Große Terrasse 47 *m* (A), Alte Terrasse 60·5 *m* (A).). Sinterschüssel lagert sich in Sinterschüssel ein, in

¹⁾ Vergl. Kartenblatt. Z. 29, Col. XIII. Novegradi-Benkovac.

²⁾ E. Brückner, Die Terminfahrt S. M. S. „Najade“ in der Hochsee der Adria. Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. Wien, 1912, 33.

deren Innerem das Wasser ohne sichtlich wirbelnde Bewegung dahinströmt, über deren scharfe, schmutziggelbe Ränder es aber wildschäumend in tiefere Becken hinabstürzt. Tuffbastionen, überkleidet von der in ihrer gedrängten Dichte tropisch anmutenden Vegetation, überragen, auf der Seite des Tales und in der Mitte die stürzenden Wassermassen teilend, die heutigen Fälle. Über dieser Region der Bewegung lagert eine Zone der Ruhe: Eine Unzahl Arme und Ärmchen der Kerka umschließen grüne, weit spärlicher mit Strauchwerk bedeckte Tuffinseln, füllen runde, elliptische Becken, ergießen sich über niedrige Tuffbarren, den Hauptstürzen rascher entgegeneilend. Die Gesamtheit dieser Bildungen habe ich als große Terrasse (47 m) bezeichnet. Flußaufwärts folgen Tuffbarren, zernagte Sinterbecken, die kaum mehr eine strudelnde Bewegung hervorrufen, in immer größerem Abstand. Die letzte dieser Tuffbarren schwingt sich von der großen Terrasse in der Form eines alten Beckenrandes hinüber zur alten Terrasse zwischen Cikola und Kerka, der am rechten Ufer eine spitze, gleichaltrige Terrasse entspricht (vergl. Tafel III, Bild 3). Beide Terrassen liegen im Niveau der Travertinterrassen. Brückner hat zum ersten Mal auf die verschiedenaltrigen Bildungen dieser Tuffmassen hingewiesen. Die alte Tuffterrasse ist an der Stelle eines ehemaligen Wasserfalles abgelagert worden. Jene geschwungene Tuffbarre ist nicht viel jünger. Neu einsetzende Erosion hat diese Bildungen zerstört, wobei Neuabsätze an der Barre nicht für ausgeschlossen gehalten werden; strudelnde Bewegung des Wassers ist dort bemerkbar, und zwar scheint das Wasser im oberen Teil von der Cikola zur Kerka, im unteren von der Kerka zur Cikola zu strömen. Die flußaufwärts liegende alte Terrasse ist jedoch vollkommen außer Aktion gesetzt. Auf die Erosionsphase folgte eine Phase erhöhter Akkumulation, in der die große ebene Terrasse, die Hauptmasse der Tuffablagerungen, die den Formenkomplex des heutigen Falles bilden, geschaffen wurde, die aber heute schon wieder das durch Sinterbecken gestufte, schluchtartige Sturzbett überragt. Eine neue, zweite Erosionsphase ist demnach gefolgt, die von erneuter Akkumulation abgelöst wurde. Die unteren Partien der Beckenränder bis etwa zu $\frac{2}{3}$ der Fallhöhe sind scharfkantig und voll geschwungen. An den oberen Kaskaden scheint die Erosion die Akkumulation zu übertreffen. In der Farbe gleichen die Tuffablagerungen den jungen Absätzen, die sich unmittelbar unter dem Fall an dem Pumpwerke bilden. Ob die langgestreckten Schilfinseln, die sich vom Fall bis zum nächsten Talknick hinziehen, aus Tuffen aufgebaut sind, konnte nicht festgestellt werden. Gleichsam unter unseren Augen bildet sich jedoch in der Rudistenkalkstrecke vom Talknick unterhalb des Falles bis zur Fähre bei Scardona jüngster, bröckeliger, sehr leichter grauer Tuff, der die Ufer in lappenförmigen Bänken begleitet. In der letzten Erosionsphase drängte der

Fluß nach links: eine recht typische, seitliche Verlegung des Wasserfalles tritt da in Erscheinung, die ich an den Kerkafällen mehrmals beobachtet habe. (Scardona, Manailović, Bilusić, Golubić.)

Die morphologische Analyse wird durch die petrographische Beschaffenheit der Ablagerungen gestützt. Gelblich graues, bröckeliges, vor allem aber sehr leichtes Material baut jüngste, in der Gesamtheit aber doch schon harte Tuffbänder auf. Je älter die Ablagerungen werden, desto schwerer, dichter werden die Tuffe. Die Tuffstruktur, die dem frischen Bruch des jüngeren Materials eigen ist, fehlt den alten Tuffen; dafür treten charakteristische Oberflächenformen des verwitterten Tuffs mit rötlichem Verwitterungsrückstand auf, so auf den alten Terrassen des Scardonafalles und denen von Marasovac. Im Einzelnen weichen die Tuffe der verschiedenen Vorkommen in ihrer Ausbildung und Zusammensetzung sehr voneinander ab.

Das Niveau der Travertinterrasse läßt sich verfolgen. Auf der rechten alten Terrasse sind Gerölle in den Tuff eingebacken. Kerkaaufwärts geben P. 73 auf der rechten Talseite, mehrere Rücken in etwa 65 bis 70 m Höhe unterhalb von Visovac, der Sattel (76 m (A)) hinter dem P. 102 (A) des Niveaus III, Fixpunkte für den Verlauf der Terrasse.

Die Untersuchung der übrigen Kerkafälle bestätigte die Richtigkeit der Beobachtungen am Scardonafall. Oberhalb des Falles von Marasovac wurden zwei Paare alter Tuffterrassen im Niveau von 100 m (A), 30 m über dem Flußspiegel, aufgebaut aus dichtem Tuff mit unverkennbarer Struktur, entdeckt. Zwischen dem Fuße der unteren alten Terrasse und dem heutigen Falle sperren etwa 15 Tuffbarren, die mit jener geschwungenen Barre des Scardonafalles gleichaltrig sind, den Fluß und zwingen ihn zu unbedeutenden Stromschnellen. Die aufgefundenen Terrassen gehören einem alten Wasserfall an. Die Tuffbarre, die die heutige Fallhöhe überragt, gehört einer mittleren Akkumulationsphase an. Der Fall ist in eine Anzahl Reihenwasserfälle aufgelöst, die jüngsten, ganz lockeren Tuff absetzen. Unterhalb Marasovac schlingen sich im Flußniveau Tuffbänder aus jungem Tuff an den Rudistenkalkwänden des Babingrad hin. Die Untersuchung der Fälle von Scardona und Marasovac hat eine vollkommene Parallelisierung ergeben, wie sie in gleicher Weise im Seengebiet der mittleren Kerka und bei Golubić erreicht worden ist. Die alte Travertinterrasse tritt freilich nirgends mehr in so markanter Weise wie am Scardonafall in Erscheinung; in der Seen- und Wasserfallregion der mittleren Kerka (vgl. Fig. 3) liegt sie nur wenige Meter über dem Flußniveau; allerdings treten die Tuffablagerungen in ihrer Gesamtheit in weit größerem Zusammenhang, den Tuffbändern an den Kerkaquellflüssen, der Cetina und Pliva vergleichbar, auf. v. Kerner erwähnt unterhalb vom Kloster Arkandjel eine Stromschnelle,

die ich nicht gesehen habe; ich kann daher nicht beurteilen, ob es sich um eine Tuffbarre handelt. Die Ablagerungen der Fälle von Milecka, Sondovjel und Manailović lassen zwei Phasen erkennen: junge Tuffe in der Fallregion, ältere Tuffe auf den Seiten. Die ältesten Tuffe fehlen. Eine deutlich erkennbare Altersunterscheidung seiner Ablagerungen gestattet erst der märchenhaft schöne Fall von Manailović. Die Sturzmassen sind nach rechts gedrängt. Mächtige Tuffablagerungen, über die kein Wasser rinnt, verbauen die linke Hälfte des Tales. In scharfer Linie schneidet die Scenerie nach oben ab; es folgt eine Tuffakkumulationsebene (170 m), wie oberhalb des Scardonafalles, die die Kerka zu einem kleinen See

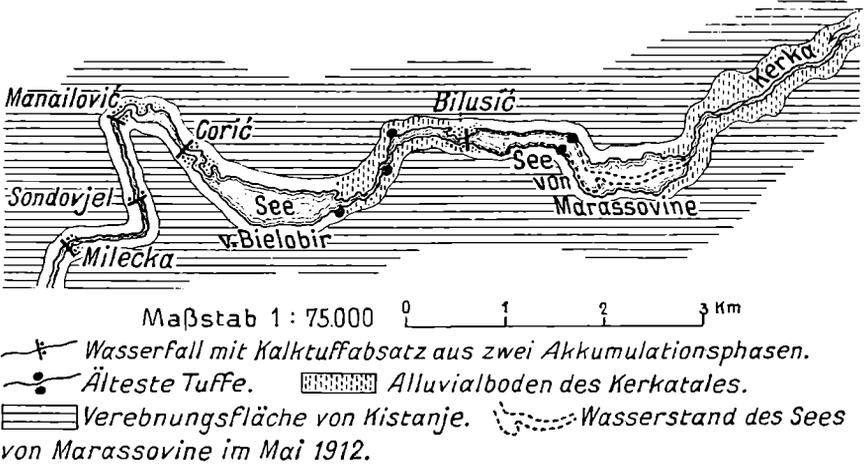


Fig. 3. Seen- und Wasserfallregion an der mittleren Kerka.

aufstaut. Drei Akkumulationsphasen zeigen die beiden nächsten Fälle, der Fall von Corić (20 m hoch) (vergl. Bild 4), der in seiner äußeren Erscheinung dem von Marasovac gleicht, und der von Bilusić, der manche Analogien zum Scardonafall aufweist. Beide Fälle stauen Seen auf. Oberhalb des Kerkasees von Bielobir liegen an drei Stellen 5—10 m über dem Flußspiegel alte Tuffterrassen in den Alluvialboden eingebettet; in ihrer Form gleichen sie den Tuffspornen des Sees von Marassovine. Der Fall von Bilusić bildet beim Austritt aus dem See von Marassovine (214 m) zwei Kaskaden, denen eine dritte in der in ältere Tuffmassen eingeschnittenen, gewundenen Schlucht folgt. Dieser Schlucht entspricht auf der rechten Talseite eine nach oben durch eine alte Wasserfallwand abgeschlossene, trockene Talrinne. Im See von Marassovine deuten alte Tuffriffe, die als schmale Halbinseln vorstoßen, einen ehemaligen Wasserfall an. Schubert¹⁾ erwähnt Tuffablagerungen oberhalb des Sees von

¹⁾ Schubert, Pet. Mitt. 1910. 18.

Marassovine. Ein Vergleich der Wasserfläche des Sees mit der Kartierung der Spezialkarte von 1881 bis 1882 (vgl. Fig. 3) lehrt, daß die obere Hälfte dem Schwinden nahe ist. Wassertümpel, Schilfinseln, Ackerland haben sich dort angesiedelt. An der unteren Seite der rechten Tuffbarre stürzt ein starker Wasserstrahl in ein Schlundloch. Das Wandern der Wasserfälle hat naturgemäß auch ein Wandern der Seen kerkaabwärts zur Folge gehabt. Die seenartigen Erweiterungen an der Kerka sind Flußseen, eben hervorgerufen durch Tuffablagerungen. v. Kerner hat die Entstehung der Becken des Sees von Bielobir (192 *m*) und des kleineren Sees oberhalb Manilović als Deckeneinbrüche und durch Absinken einer Terrainscholle zu erklären gesucht. Im Landschaftsbild stellen die Seebecken lediglich Erweiterungen des Tales dar, ausgestaltet durch die Erosionskraft des Flusses, die solche beckenartigen Formen längs der ganzen mittleren Kerka geschaffen hat.

Das Fehlen der alten Tuffe unterhalb Manilović erstaunt nicht; in jenem Engtal können sie der Zerstörung anheim gefallen sein. Auffällig ist jedoch, daß sich keine alten Tuffe zwischen Manilović und Corić finden lassen.

Im Kerčićtale folgt $1\frac{1}{2}$ *km* oberhalb des einfach gebauten Topoljefalls (265 *m* (A)) eine Tuffablagerung, die zu einer fallartigen Stromschnelle Anlaß gibt; dann setzt eine $1\frac{1}{2}$ *km* lange, in ihrer Oberflächengestalt in drei Stufen, die alte Sinterbecken verraten, aufgebaute Tuffterrasse (305—328 *m* (A)) ein, auf der sich Äcker und Weinberge ausbreiten. Der Kerčić, der an der Gendarmeriekaserne unterhalb eines verflachten Felssporns einen Fall bildet, hat einen tiefen Cañon in diese Ablagerungen eingeschnitten. Die älteren Ablagerungen des Falles von Golubić weisen die gleiche Terraingestaltung auf, in die die Butišnica eine tiefe, aber kurze Schlucht erodiert hat. Alte Terrassen sind seitlich vom heutigen Butišnicatal bei Golubić in die Konglomerate eingelagert und werden von einem Trockental durchbrochen. Die Tuffe ziehen sich in der Niederung westlich von der Konglomeratterrasse bis fast an den Radiljevica potok heran und kennzeichnen so die einstige Flußverlegung. Die Lagerung bei Golubić läßt erkennen, daß die alte Tuffterrasse jünger als die wohl sicher diluviale Nagelfluh ist.

Parallelen zu diesen Tuffvorkommen an der Kerka finden sich fast an allen Flüssen Dalmatiens. Ich habe die Vorkommnisse an der Cetina, am Stobreč potok und endlich die Plivafälle in Bosnien studiert.¹⁾ An der Cetina setzt unterhalb Gubavica auf beiden Seiten des Flusses eine etwa 6—10 *m* hohe, schon mannigfach zerstörte Terrasse ein, die ich bis zur

¹⁾ Ich habe neuerdings meine Untersuchungen durch den Besuch der Tuffvorkommen von Ehringsdorf und Taubach bei Weimar (Thüringen) und durch das Kartestudium der Vorkommen an den Plitvicer Seen ergänzt.

Biegung des Tales in etwa $4\frac{1}{2}$ km Erstreckung abwärts verfolgen konnte. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sich die Ablagerungen noch weiter talabwärts erstrecken. Stromschnellen, durch Tuffbarren verursacht, die parallel zur Stromrichtung stehen, treten in der Nähe der Brücke, also in der halben Talstrecke auf. Die Tuffe der Cetina gehören einer weit zurückliegenden Akkumulationsphase an. Ihrem Habitus nach sind sie am ersten mit den alten Tuffen bei Golubić und am Kerčić zu vergleichen; auch den Tuffen am Stobreč potok stehen sie sehr nahe. Die mächtigen Ablagerungen des als Wasserader verhältnismäßig unbedeutenden Stobreč potok liegen nicht weit unterhalb seiner Quelle. F. v. Kerner¹⁾ erwähnt das Tuffvorkommen. Zwei übereinander liegende horizontale Terrassen stellen deutlich zwei Phasen der Erosion dar. Der rasch dahineilende Bach gewinnt ohne auffällige Gefällsknicke das breitere, ebene Tal bei Zernovnica. An der Cetina und am Stobreč potok werden keine jungen Tuffe mehr ausgeschieden, darum war ein Vergleich zwischen Kerka und Pliva doppelt bedeutsam. Beim Dorfe Jezero an der Pliva fanden sich alte Tuffe; die Ablagerungen liegen 435 m (A) hoch, sind bewaldet und mit Gehängeschutt bedeckt. Wie bekannt ist²⁾, hat sich der Fluß am Plivafall 30 m in die Hotelterrasse, die aus älteren Tuffen besteht, eingeschnitten. Diese älteren Tuffe begleiten als Terrassenreste den Fluß auf beiden Seiten und sind bei einer Wanderung längs der Landstraße nach Jezero gut zu studieren. Eine Dreigliederung der Ablagerungen muß demnach auch an der Pliva angenommen werden.

Die Untersuchungen ergeben also einen überaus typischen Formenkomplex der Travertinwasserfälle und ihrer Terrassen. Sinterbecken werden von älteren Tuffmassen, die in ihrer Jugend die beckenartige Anordnung zeigen, später aber in einförmige, ebene Terrassen übergehen und, wenn sie lange der Verwitterung ausgesetzt sind, die Felsstruktur des Tuffes annehmen, überhöht. Eine jüngere Fallregion, die zwei Akkumulationsphasen angehört, ist meist durch eine seeartig aufgestaute Flußstrecke von den flüßaufwärts gelegenen alten Terrassen getrennt. Die Analyse dieses Formenkomplexes ergab in der Mehrzahl der Fälle: Scardonafall, Marasovac, Corić, Bilusić, Golubić, Kerčićfälle, Plivafälle Ablagerungen, die drei Phasen angehören. An den Fällen von Milecka, Sondovjel und Manailović fehlten die ältesten Tuffterrassen. Am Stobreč potok konnten ebenfalls zwei Phasen beobachtet werden; doch bildet der Bach heute keinen Wasserfall mehr. Nur am Topoljefall und an den Tuffterrassen der Cetina war keine deutliche Zerteilung möglich.

Brückners Annahme besteht also sicherlich zu Recht: drei Phasen der Akkumulation, von denen die letzte die Jetztzeit, die Postglacial-

¹⁾ F. v. Kerner, Jb. d. Geol. Reichsanst. 1904. 333.

²⁾ N. Krebs und F. Lex, Bericht üb. d. XXV. Vereinsjahr 1898/99 des Ver. d. Geogr. a. d. Univ. Wien. 1899. 89.

zeit darstellt, werden von zwei Perioden verschärfter Erosion getrennt. Die Vorstellung einer Akkumulationsphase der Gegenwart mag beim Anblick der mit starker Erosionskraft fallenden Wassermassen verwirrend wirken. Zweifellos wird der Absatz des Kalktuffs im Sturzbett in gewissem Maße gehindert werden; in größeren Massen kann er sich nur seitlich, direkt unterhalb der Fälle, und dann auch weiter abwärts, an engen Stellen der Talstrecke absetzen. Die Auffindung der jungen Tuffbänder (oberhalb von Scardona und Babingrad) stützt die letztere Anschauung in ausgezeichneter Weise und erklärt zugleich das merkwürdige Abwärts wandern der Wasserfälle. Bevor ich mich dazu entschließe, aus dem Bildungsprozeß des Kalktuffs weitere Schlüsse zu ziehen, mag der Vorgang selbst kurz gestreift werden. Der kohlen saure Kalk des Karstgebiets wird nicht direkt — wie dies fast allgemein in geographischen Abhandlungen dargestellt wird — in großen Mengen in kohlen säurehaltigem Wasser gelöst, (kohlen saurer Kalk löst sich nur in sehr geringen Mengen in kohlen säurehaltigem Wasser), sondern unter Zuführung überschüssiger Kohlen säure bildet sich Calciumbikarbonat, das in Wasser in großen Mengen löslich ist, aber auch eine sehr unbeständige Verbindung darstellt. Schon an der Luft scheidet sich aus der gesättigten Lösung durch Freiwerden der Kohlensäure kohlen saurer Kalk aus. Es besteht also immer die Tendenz zur Ausscheidung des kohlen sauren Kalkes, und es bedarf dazu keiner tiefgreifenden Anlässe; verschiedene Momente fördern diesen Ausscheidungsprozeß:

1. Die allgemeine Verdunstung an der Oberfläche, die im Mediterranengebiet groß ist.
2. Die strudelnde Bewegung des Wassers über eine schwache Bodenschwelle, Zerstäuben an einem Fall.
3. Die Aufnahme von Kohlensäure durch Pflanzen (Algen, Moose, Blütenpflanzen).

Die Abscheidung des Tuffs fordert theoretisch kein wärmeres Klima. E. Wüst¹⁾ verlegt die schon erwähnten Tuffbildungen bei Weimar in die Waldphasen, die kälteren Perioden des Rib-Würminterglazials. Doch heischt der morphologisch gekennzeichnete Wechsel von Akkumulation und Erosion die Annahme von Klimaänderungen. In wärmeren Perioden nimmt naturgemäß die Menge des sich lösenden Bikarbonats zu und kann durch stärkere Ausscheidung der Erosionswirkung des Wassers Widerstand leisten. Diese Überlegung am Ende meiner Untersuchungen macht Brückners Annahme eines Wechsels wärmerer und kälterer Perioden, die er geneigt ist, mit Eiszeiten und Interglazialzeiten zu identifizieren, in hohem Grade wahrscheinlich.

¹⁾ E. Wüst, Zeitschr. für Naturw. Halle. Bd. 80. 1908. 125. — Zentralblatt für Mineralogie. 1908, 197 und 1909, 23.

Die sekundären, fördernden Momente erklären nur die Ausscheidung des Kalkes, nicht aber die Ausscheidung an ganz bestimmten Stellen; strudelnde Bewegung des Wassers und Algen finden sich selbstverständlich längs des gesamten Flußlaufes. Einer Untersuchung der den Absatz fördernden Organismen darf in der Hinsicht keine große Bedeutung zugemessen werden, doch kann sie wertvolle Ergebnisse für eine Zeitbestimmung liefern. Man hat ohne Grund an Quellen gedacht. Die primären Ursachen der Travertinwasserfallbildung sind jedoch mannigfaltige, wie die der Wasserfallbildung überhaupt. Eine Formulierung läßt sich jedoch für die unmittelbare Veranlassung geben: Primäre, normale Wasserfälle oder Stromschnellen gingen den Tuffwasserfällen zeitlich voraus, gaben den Anlaß zur Kalktuffbildung und schützten sich dadurch gleichsam vor der Rückverlegung und Zerstörung, so lange als keine Klimaänderung eintrat. Nicht an jedem einzelnen Falle läßt sich das Vorhandensein eines ehemaligen primären Wasserfalles beweisen. Überzeugend liegen die Verhältnisse an der Gubavica und bei Marasovac. Dort wird der Fall durch den im Vergleich zu der talabwärtsfolgenden Flyschmulde weit härteren Kreidekalke der Ljut hervorgerufen; die erwähnten Tuffabsätze liegen unterhalb der heutigen Gubavica und bilden sich nicht weiter. Bei Marasovac lagert der Tuff da, wo die harten Prominakonglomerate in mächtiger Wand gegen eine Mulde abfallen, die von weichen Mergeln erfüllt ist. Die Tuffe am Stobreč potok haben sich an einer ähnlichen Steilstufe, die durch Plattenkalke hervorgerufen wird, gebildet. Topoljefall und Fall von Golubić sind wohl tektonisch veranlagt; der Topoljefall liegt aber auch zugleich an der Grenze der Kreidekalke und des Süßwasserneogens, am Rande des niedergesunkenen Beckens von Knin. Für den Scardonafall scheint mir eine ähnliche doppelte Ursache ebenfalls nicht ausgeschlossen.

Für die Annahme primärer Wasserfälle sprechen fernerhin die Knicke, die alle Terrassenniveaus am Scardonafall und bei Marasovac erfahren. Beim Überblick des Gesamtphänomens dalmatinischer Wasserfallbildung läßt sich aber auch ein Zusammenhang mit dem posthumer Stufenbau des Landes erkennen.

Das Cetinagebiet.

Die Morphologie des Cetinagebietes hat schon verschiedentlich Bereicherung erfahren. Gaetano Rovereto¹⁾ gibt eine in ihren hydrographischen Teilen brauchbare Skizze des Flußgebietes, die in morphologischer Hinsicht aber sehr hypothetisch bleibt. Die Annahme einer „oligocänen“ Verebnungsfläche ist zu wenig durch regionale Hinweise wahrscheinlich gemacht — ein Mangel des ganzen Aufsatzes. Die Verebnungen, die er zum Teil der Abrasion zuschreibt, werden recht will-

¹⁾ G. Rovereto, a. o. O.

kürlich als oligocäne, miocäne, pliocäne bezeichnet. Cvijić¹⁾ rechnet das Cetinagebiet abwärts bis Gubavica der „Rumpffläche von Scardona“ zu, deren beide unterste Stufen, die Ljut, er „Rumpffläche von Zadvarje“ nennt. Grund²⁾ hat zum erstenmal eine Anschauung vertreten, die den Tatsachen im ganzen und großen entspricht. Eine Verebnungsfläche begleitet die Cetina vom Fuß der Dinara bis hinaus nach Almissa, doch ist sie in ihrem unteren Teil durch die vierstufige Treppe von Svib zerstückelt. Auch Cvijić hat eine Zerstückelung an der unteren Cetina erkannt, die er dadurch noch komplizierter gestaltet hat, daß er aus den der oberen Ljut aufgesetzten Mosoren (Kreševnica usw.) ein nach Süden durch die Katunistufe begrenztes, eigenartiges Reststück der „Rumpffläche von Lika“ konstruiert, die er sich auf Brazza fortgesetzt denkt. Abgesehen von Roveretos Darstellung beschränken sich die morphologischen Arbeiten über das Cetinagebiet auf nur gelegentliche Ausführungen.

Am Fuße der Dinara setzt als breiter Karstsockel, der sich nördlich von Kievo in tiefere Wannenformen auflöst, die Verebnungsfläche in der Höhe von 450 bis 460 *m* ein. Eine scharfe Linie krönt gegen das Cetinskopolje hin den Abfall des Sockels, längs dem die Quellen der Cetina entspringen, die aus dem lokalen Wasserreservoir der Dinarscholle gespeist werden. Es sind echte Karstquellen mit wunderschön blauem Wasser. Oberhalb des Cetinskopoljes und der Kerčićquellen haben sich steilwandige, heute trocken liegende Tälchen in den Karstsockel eingeschnitten, die für eine ehemalige oberflächliche Entwässerung sprechen. Auf der linken Talseite zieht sich die Verebnungsfläche als Podgradina, als Laktaca ljut, als Veliki ljut, mit diesen Namen einzelne besonders verebnete Teile bezeichnend, bis gegen das Sinjskopolje ohne größere Störung in einer Höhe von 443 *m*, 440 *m*, 435 *m*, 448 *m* hin. Erst über Koljane setzt auf der rechten Talseite eine ihr korrespondierende Verebnung in 450 bis 440 *m* Höhe ein. SW vom Becken von Vrlika kommt es zu einer lokalen Verebnung in 640 bis 630 *m* Höhe; hier könnte Roveretos oligocäne Ebenheit zu suchen sein. Vielgestaltig ausgebildet ist die Talrinne selbst. Unterhalb des als Verebnungsfläche gedeuteten Dinarasockels sind als wannenartige Beckenformen Cetinsko- und Vrlickopolje eingelagert, beide etwa von elliptischer Gestalt, durch einen Wall voneinander getrennt, den ein Bach in nördlicher Richtung zur Cetina hin in dreieckigem Einschnitt durchquert. Die Cetina schlängelt sich durch das größtenteils versumpfte Cetinskopolje, um dann mit größerem Gefälle in einer von mäßig abgeöschten Felshängen begrenzten Schlucht das Vrlickopolje östlich zu umgehen. Im Süden dieses Beckens

¹⁾ Cvijić, a. o. O. 123.

²⁾ Grund, a. o. O. 211—214.

bilden gelbe bis braunrote, von vielverzweigten, cañonartigen Erosionsrinnen und -äckerchen zertalte Tertiärschichten eine niedere Schwelle. Die senkrechten Wände oberhalb Vrika und der geradlinige Abbruch der nördlichen Karstschwelle deuten auf tektonischen Ursprung der beiden Becken, die wahrscheinlich nach der miocänen Einebnung entstanden sind. Die Anordnung der Hydrographie, die Trockenschluchten des Dinarasockels lassen eine intensivere Senkung des Cetinskopoljes vermuten.

Flußabwärts engt sich die Talrinne bis auf einen halben Kilometer unter der Laktaca ljut und östlich vom Derven ein, um wieder an Breite rasch zuzunehmen und mit dem Sinjskopolje zu verschmelzen. Anhaltspunkte für zwei tiefere Terrassenniveaus in 410 bis 420 *m* und 345 bis 360 *m* Höhe sind in der Talstrecke bis zum Sinjskopolje angedeutet, entbehren jedoch der Gleichsinnigkeit des Gefälles. Grund hat darauf hingewiesen, daß die Verebnungsfläche nördlich von Sinj höher sei, als es dem Gefälle entspreche. Sie erscheint nordöstlich von Sinj direkt rückläufig; diese Verhältnisse wiederholen sich am Ostrand des Sinjskopoljes. Die Zerstückelung durch die Treppe von Svib macht sich darin bemerkbar. Eine Verbiegung der Terrassen und Verebnungsflächen im Zusammenhang mit der Senkung der Becken ist wahrscheinlich. Im Vergleich mit der Verebnungsfläche von Kistanje drängt sich an der Cetina noch mehr die Auffassung von der Genesis der lang hingestreckten Verebnungsfläche als einer lokalen Flußverebnungsfläche auf, aber es fehlt der so überwältigende Eindruck der fast vollkommenen Ebenheit, den die Karstfläche von Kistanje in allen ihren Teilen macht. Nur die untere Ljut bietet ein ähnliches Bild. (Vergl. Tafel IV, Bild 5.) Im einzelnen entsprechen oft weite Strecken der Cetinaverebnungsfläche wenig dem Ideal der Ebene, wie ein Vergleich der Höhenzahlen auf der Spezialkarte zeigen kann.

Erst im Mittellauf zwischen Sinjskopolje und Gubavica treten weite, zusammenhängende, verebnete Geländestrecken auf. Dieser Eindruck der Unebenheiten wird einmal durch tektonische Störungen bedingt, dann aber ist er der Ausdruck der fluviatilen, lokalen Entstehung der Verebnungsfläche durch einen Fluß, der im Oberlauf noch wenig einebnen konnte (die Oberflächengestaltung um das Kosovo- und Petrovopolje darf als Vergleich herangezogen werden), im Unterlauf ideale Ebenheiten von freilich geringem Umfang zwischen hochragenden Mosorgebirgen geschaffen hat.

In der Gestalt breiter Terrassen umschlingt die Verebnungsfläche das Sinjskopolje. Eine breite Gebirgsterrasse oberhalb Ruda wird schon bei v. Kerner¹⁾ erwähnt. Gegen den zerfetzten, im südlichen Teile jedoch scharfkantigen Ostrand dieser Terrassen streichen Grunds Stufen

¹⁾ F. v. Kerner, Verh. d. geol. Reichsanst. 1910. 31.

von Aržano und Svib aus, die sich nicht scharf ausgeprägt bis zum Rande verfolgen lassen, aber sicherlich die unruhigen Konturen und das bewegte Relief bedingen. (470, 490, 500 *m*.) Die Čistastufe, die unter Čaporice an die Cetina herantritt, bildet die letzte der drei am Sinjskopolje zusammenlaufenden Treppenstufen. (Fig. 2.) Der Westrand des Sinjskopoljes gehört einer tieferen Verebnungsfläche an; ich sehe in ihr die NW-Fortsetzung von Grund's Katunihochfläche, die sich südlich von Trilj quer über die Cetina erstreckt, durch Brüche und Horste im Erdbebengebiet von Trilj gestört ist und über die Podovi-Ebenheit (394 *m*) bis gegen Sinj reicht. Im Niveau dieser Stufe mündet die 410 bis 420 *m*-Terrasse des oberen Cetinatal. Etwa in derselben Höhe sind die großen Konglomerate südlich von Trilj gelagert. Von der Podovi-Ebenheit schlingt sich ein durch seine Form äußerst auffälliges altes Flußtal — ich nenne es Tal von Diemo — SW um den Zug Cemernica—Trapošnik zu einer tieferen Terrasse unter der Katuni-Ebenheit. Die Cetina hat wohl vor dem Einbruch des Sinjskopoljes, aber nach der Zerstückelung der miozänen Verebnungsfläche diesen Weg genommen und damals nicht über die Katuni-Ebenheit, sondern auf tieferem Niveau die Ljut erreicht. Die Stufenbildung, die eine Schiefstellung der Verebnungsfläche zur Folge hatte, und die Aufschüttung der großen Konglomerate zwischen Trilj und Čaporice stehen wohl in ursächlichem Zusammenhang. Die Cetina wird damals über die Podovi-Ebenheit in das Tal von Diemo übergeflossen sein. Dann ist wieder der Durchbruch durch die neogenen Konglomerate erfolgt. Bei Novasela erscheint die Verebnungsfläche, worauf schon Grund hingewiesen, wieder rückläufig. Zwischen Novasela und Strišić liegt unter der Katuni-Ebenheit (oberen Ljut) die erwähnte tiefere Terrasse, die auf die Ljut mündet. Bei Blato ist ein 'doppeltes Terrassenpaar eingelagert. (Talterrasse 225 *m* (A), Terrasse von Strišić 300 *m* (A)). Die obere Ljut (Rand 415 *m*) bricht in einer scharf gekennzeichneten Felsstufe von 160 *m* Höhe gegen die untere Ljut (245 *m*) ab, die Grund und Cvijić als tektonische Stufe ansprechen. In engem, tiefeingeschnittenem Cañon durchheilt die Cetina die Verebnungsfläche, um sich in der Gubavica in zwei Fällen in das Längstal ihres Unterlaufs zu stürzen. Auf viele Kilometer bricht die Ljut, noch weit markanter als die Katunistufe gegen das Längstal ab. Der Kreidekalk überlagert an der Stufe weiche Eocänmergel und -sandsteine. Das Bild unter Duare erinnert an Marasovac. Der Steilabfall über dem Flysch bildet aber nicht das Ende der Ljut im Cetinatal. Sie setzt sich gegen den Sattel südlich von Duare (228 *m*) (vergl. Tafel IV, Bild 6), über den die Straße zur Küste und nach Makarska führt, ebenso unter der Dovanjette bis Kučić (243 *m*) und Svinjšće in trefflicher Ausbildung fort; ebenso läßt sie sich unter den Hängen des Mosors bis Gata hin verfolgen. Über der Cetinamündung treten vereb-

nete Flächen in 245 *m* und 216 *m* Höhe auf beiden Seiten in die Erscheinung; das höhere Niveau gehört der Ljut an. Das Niveau von 216 *m* ist wohl als tiefere Terrasse aufzufassen. Die Ausdehnung der Terrassen zeigt uns eine Phase der Talgeschichte, in der die Ljut, nicht viel über dem Niveau des Meeresspiegels liegend, bei Almissa und beim Sattel gegen Makarska bis zur Küste hinausreichte. Die alte miocäne Ebenheit war zerstückelt; aber sie konnte dadurch die Gleichgewichtskurve der Cetina auf die Dauer kaum beeinflussen. Auf einer tieferen Terrasse mündete die Cetina auf die Katunistufe, die einen Teil des Sinjskopoljes einnahm. Durch das Tal von Diemo erreichte vielleicht der Fluß die Ljut, auf der er gegen das Meer floß. Wie man die Ljut in den Kanal von Brazza und nach Brazza hinüberreichen lassen soll, das zweifellos, (wie Rovereto richtig betont,) eine alte Verebnungsfläche darstellt, ist schwer zu sagen.

Eine solche Entwicklung entspricht ganz der heutigen Gefällskurve der Cetina: obwohl das Flußgebiet der Cetina tektonisch so stark zerstückt ist, weist sie eine weit reifere, gleichsinnigere Gefällskurve als die Kerka auf, besonders in Ober- und Mittellauf. (Vgl. Fig. 1 u. 2.) Jedoch läßt ein Vergleich der Cetinagefällskurve mit der hypothetisch konstruierten normalen Kerkagefällskurve letztere als die ausgeglichene erscheinen. Als Tatsache kann diesem Vergleich in Parallele gesetzt werden, daß die Kerka in weit vollkommenerem Maße als die Cetina ihr Flußgebiet eingeebnet hat. Erst nach der Einebnungsphase hat sich die viel gebrochene, treppenförmige Gefällskurve der Kerka herausgebildet, während die Cetina ihre tatsächlich reifere Gefällskurve bewahrt hat. Aber immerhin charakterisieren spätreife Formen wie auf der Verebnungsfläche von Kistanje die gehobenen und zerstückten Ebenheiten der Cetina, während der Fluß oft in steilwandiger Schlucht dahinbraust. Am unteren Ende dieses Cañons treten unverkennbare Anzeichen der Jugend auf: die beiden Wasserfälle der Cetina, Stufenmündungen und steile Schluchten der Seitentäler. Mit den jüngsten tektonischen Bewegungen, die wahrscheinlich auch den Unterlauf der Kerka umgewandelt haben, wurde die Grundlage für die heutige Oberflächengestaltung im Bereich des untersten Talstückes geschaffen. Hebung und Senkung müssen dabei in weit stärkerem Maße als an der Kerka Hand in Hand gegangen sein. Da sich die Ljut bis zur Küste bei Almissa verfolgen läßt, kann die Frage, die Grund aufwarf, ob das Poljicagebirge die Ebenheit zerstört habe, beantwortet werden. Das Poljicagebirge das von einer steilen Antiklinale des Rudistenkalkes gebildet wird¹⁾, stellt sich diagonal zur Talrichtung, hat in seinem Bereich die Verebnungsfläche zerstört, ist also jünger als die Ljut; es trägt den Charakter jener jüngeren Küstenketten: flacher,

¹⁾ F. v. Kerner, Jb. der geol. Reichsanst. 1904. 332.

pultförmiger Abfall gegen die Landseite, Steilabfall gegen die Seeseite hin. Ich möchte ihm den Koziak bei Spalato, Teile des Mosors bei Clissa, die Vilaja, was das Alter anbetrifft, gleichstellen. Das Poljicagebirge durchbricht die Verebnungsfläche im Cetinal selbst; auch am Sattel (288 *m*) südlich von Duare hat die Verebnungsfläche eine Schrägstellung um etwa 40 *m* erfahren.

Die Hydrographie im Bereich des Poljicagebirges ist nicht so jung, wie sie scheint. Die Schluchten der Seitentälchen (Bila, Drinjak) sind an die weichen Flyschgesteine gebunden. Dem Flysch verdankt dieses Gebiet die starke Zertalung. Junge, scharf eingeschnittene Seitenschluchten mit plattigem Wildbachbett, wie sie der Kerka und auch der oberen Cetina fehlen, erreichen im Gebiet des Poljicagebirges den Hauptfluß, als Folgeerscheinungen der jungen Aufwölbung. Die Cetina selbst quert das Poljicagebirge. Aber auch der als Beweis für die junge Eintiefung des unteren Cetinalats schon von mehreren angeführte Bach von Zakučac durchsägt das Gebirge. Dieser Bach floß schon auf der Ljut der Cetina entgegen, wie mehrere Bäche, die sich den weichen Schichten angepaßt hatten (vergl. die Gefällskurven), ehe sich das Poljicagebirge auffaltete. Die Hydrographie des Poljicagebirge ist demnach älter als das Gebirge.

Der Prozeß der Tiefenerosion hat mit dem Absinken des Kanals von Brazza eingesetzt und ist durch die Aufwölbung des Poljicagebirges belebt worden. Der Cetina und dem Bach von Zakučac (Velika Studena) ist es gelungen, ihre Richtungen beizubehalten. Wir sind heute berechtigt, die Hebung der Ljut in verschiedenen Phasen anzunehmen. Zwei Terrassenniveaus lassen sich an der unteren Cetina verfolgen, die sich aber mit den früheren Angaben nicht in Deckung bringen lassen. Cvijićs Hohterrasse von 208 *m* Höhe, die sich flußaufwärts auf 140 *m* senken soll, ist nicht zu finden. In der Höhe von 140 *m* liegen nur stark abgetragene Flyschrücken. Die beiden Terrassenniveaus sind am besten unterhalb Gubavica, wo sich die Talstrecke zur oberen Hauptterrasse hinaufschwingt, ausgeprägt. Die Hauptterrasse liegt hier in 210 bis 215 *m* Höhe, 30 *m* unter der Ljut. In der gleichen Höhe liegt die Hauptterrasse auf der rechten Talseite bei Kostanje, und im gleichen Abstand von der Ljut kehrt sie bei Almissa wieder. Diese Hauptterrasse bildet einen im einzelnen in der Region der Flyschschichten durch tiefere Partien stark zerstückten, aber im ganzen wohl überblickbaren besiedelten Talboden unter der Ljut. Gegen das Poljicagebirge steigt sie auf 227 bis 230 *m* (A) an. Schotterfunde sind nicht zu verzeichnen. Unter der Hauptterrasse liegt eine zweite, die von 160 bis 170 *m* ebenfalls gegen das Poljicagebirge auf 183 bis 187 *m* ansteigt, jedoch minder gut zu verfolgen ist; sie zieht aber weiter die Cetina abwärts. Beide Terrassen sind also verbogen. Das Poljica-

gebirge ist jünger als die Hebung der Ljut, jünger als die Ausbildung der Terrassen.

Die Travertinablagerungen bilden eine dritte Terrasse. Der Unterlauf der Cetina zeigt Senkungserscheinungen. Mehrere Kilometer oberhalb der Mündung beginnt ein inneres Delta, das sich als kleines, vorspringendes Delta ins Meer hinauschiebt. Doch hat der Fluß die jungen Ablagerungen im Tale so weit zurückgedrängt, daß das Landschaftsbild an der untersten Cetina streckenweise echten Riascharakter trägt.

Das Mosorbergland zwischen Kerka und Cetina.

Der weite Bereich zwischen unterer Kerka, Cikola, den Poljen, Cetina und dem Küsteneocänstreifen muß, soweit er keine Neufaltung in der Nähe der Küste erfahren hat, als Mosorbergland aufgefaßt werden. Wellige Kuppen und Rücken, wenig gegliederte Mittelgebirgsformen deren sanfte Hänge mit Mulden und Talungen verfloßen, bestreiten da immerwiederkehrende Bild. Hochgebirgsformen, selbst Felswände und auch der dem Hochgebirge so eigene Schutt treten, obwohl alles in Stein gemeißelt ist, ziemlich selten hervor; doch ruft die äußerst wechselnde Höhe der einzelnen Rücken große Unterschiede im Relief hervor. Deshalb erfordert die Annahme einer älteren Landoberfläche, die Cvijić durch Svilaja (1509 m), Monte Promina (1148 m), Moseć (702 m), Mosor (1330 m), Biokovo (1762 m) legt, zu ihrer Bekräftigung eine zum mindesten sehr mühsame Detailuntersuchung. Vorerst muß eine so unbegründete Annahme noch zurückgewiesen werden. Nur die Scholle der Dinara darf als ein Reststück einer alten Landoberfläche aufgefaßt werden, die sich wahrscheinlich über die Svilaja planina und das plateauartige Troglavmassiv fortsetzen läßt. Der gegen Westen gekehrte Abbruch der Dinara ist an seinem obersten Rande durch Dolinen, die ebenso wie auf dem gegen Osten geneigten plateauähnlichen Hang im nordsüdlichen Schichtstreifen liegen, geschartet. Das Verhältnis von Dinara und Troglav erinnert an das von Rax und Schneeberg. Bei den vorgelagerten Erhebungen ist die Ansicht Cvijićs, daß es sich jeweils um dislozierte Partien einer solchen Landoberfläche handle, durch das Vorhandensein alter Täler, die sich sanft ansteigend ohne große Störung in das Bergland ziehen, stark in Frage gestellt. Allerdings scheint sich ja die Katunistufe quer durch das Mosorbergland hindurchzuziehen, und es haben auch die jüngeren Auffaltungen des Küstengebirges (Poljicegebirge, Koziak, Vilaja) steilwandige Formen geschaffen und zur Zerstörung der alten Talzüge beigetragen. Der alte Talzug der Cetina, das Tal von Dicmo, das geologisch einen mittelkretazischen Dolomitaufbruch darstellt¹⁾, wurde erwähnt. Die Schwelle der Bubovača (424 m), die man

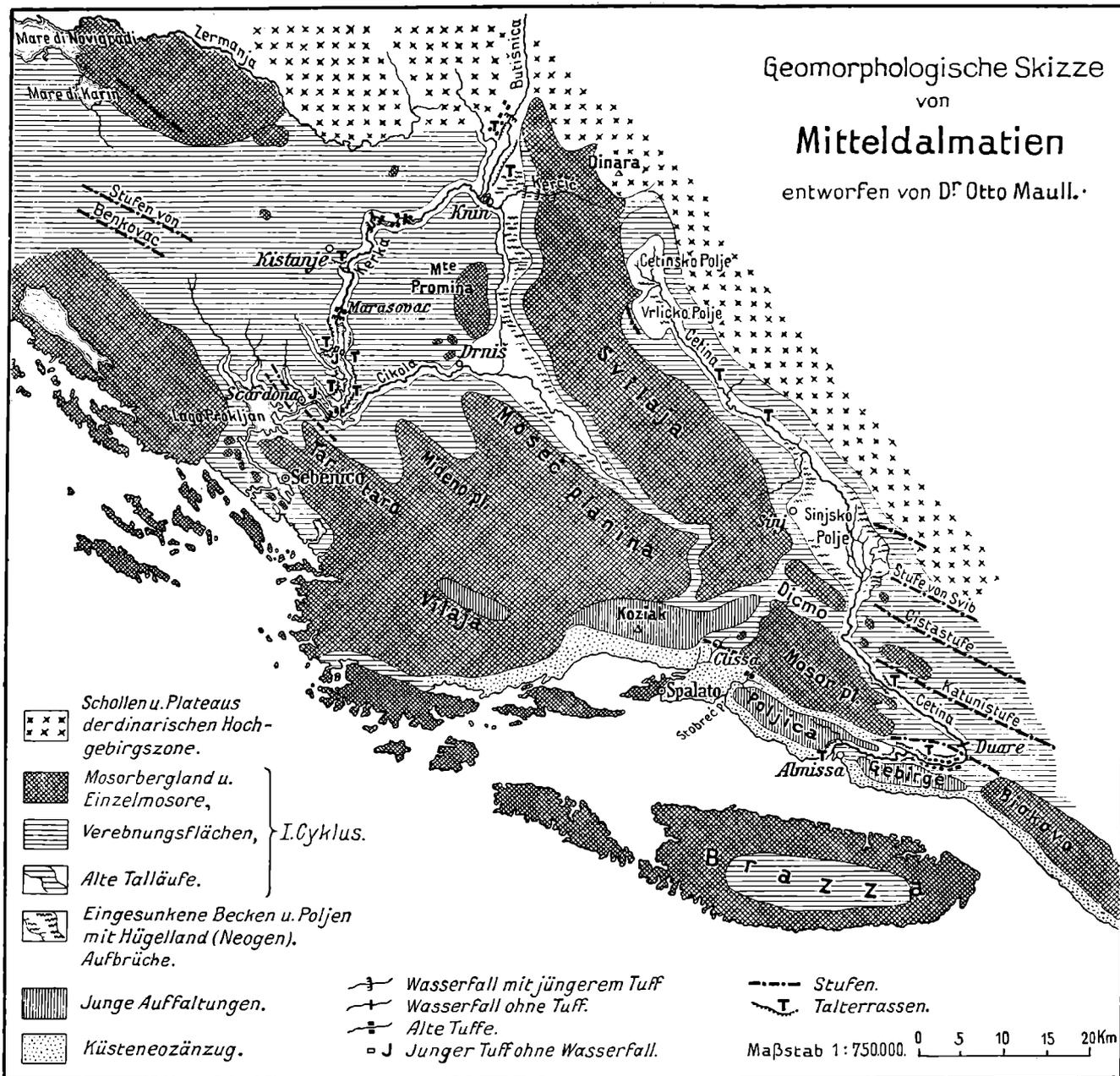
¹⁾ F. v. Kerner, Verhdlg. der geol. Reichsanst. 1910. 316.

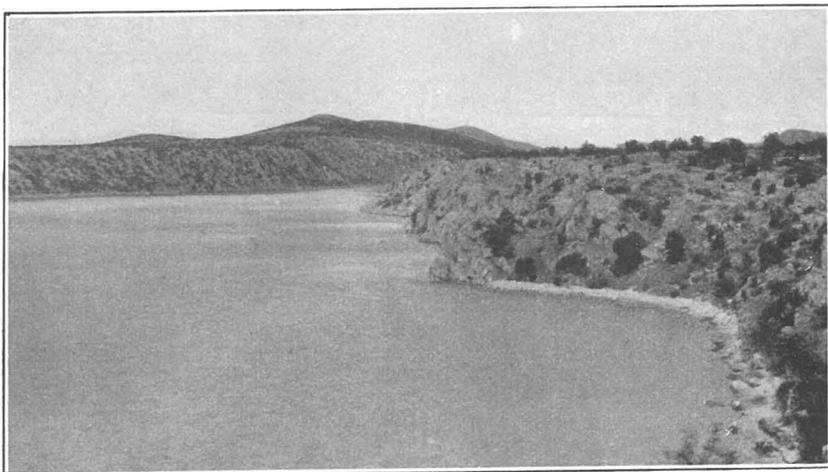
als Abfall der Katunistufe betrachten kann, trennt die Talung von Diemo von der um Dugopolje, die sich längs der heutigen Bahnstrecke hinaus gegen Clissa und dann über das Vucje polje über einen flachen Sattel hinüber nach Konjsko zieht. Bei Clissa bricht das alte Tal jäh ab. Junge Erosionsschluchten ziehen sich von dort gegen den Spalatiner Flyschkomplex hinab. Bei Konjsko setzt eine Talung ein, die sich in flachem Bogen, eine Stufe von etwa 60 m überwindend (in der nordwestlichen Fortsetzung der Katunistufe), bis Muégornje und Neorié erstreckt; von dort wendet sie sich, einer Aufbruchszone folgend, in nordwestlicher Richtung zum oberen Petrovopolje, und geht in die Verebnungsfläche von Kistanje über. Dieser Übergang wie überhaupt der Umstand, daß sich die Täler von der Verebnungsfläche ins Mosorbergländ hinein verfolgen lassen, spricht für gleichzeitige Entstehung von Verebnungsflächen, Tallinien und Bergformen. Neben diesen Tallinien treten in dem Karstwellengebiet, wie ich die niedrigeren Teile des Mosorbergländes bezeichnen möchte, nicht selten meistens eng umgrenzte und allseitig umschlossene Talungen, besonders in der Landschaft Zavor, östlich von Sebenico, auf.

Flache Karstwellen schließen sich überall in lesinischem Streichen aneinander; sie setzen sich, wenn wir unsere Blicke über das Meer hinschweifen lassen, in den gleichen welligen, buckligen Rückenformen, in den Inseln und Inselchen fort. Talungen, von Meeresarmen, „Kanälen“, erfüllt, liegen zwischen diesen Karstwellen der Inseln. Es ist hier vielleicht die Stelle, Anschauungen, die ich über den Bau der dalmatischen Inselwelt während meiner Küstenfahrten gewonnen habe, darzulegen. Einfach hat sich der Senkungsprozeß an der norddalmatischen Küste abgespielt: das wieder in dinarischem Streichen sich erstreckende Karstwellengebiet ist unter das Meeresniveau getaucht. Die norddalmatischen Inseln bilden die Fortsetzung der Halbinsel Mandoler. Anders ist der Vorgang an der mittel- und süddalmatischen Küste zu fassen. Ein Vergleich der mitteldalmatischen Inseln (Brazza, Lesina usw.) mit den quarnerischen Inseln ist wohl recht zutreffend. Einebnungsflächen finden sich hier wie dort, und Brüche haben wohl hier wie dort das Absinken von Landmassen ausgelöst und eine analoge Ausgestaltung geschaffen. Nirgends an der dalmatischen Küste tritt so wie an der Cetinamündung das Festland in schroffen Wänden ans Meer heran. Längs der süddalmatischen Küste ist eine schroffe Steilküste vorherrschend, während sich Norddalmatien mit sanften Karsthängen ins Meer senkt. Seit dem Senkungsprozeß ist noch wenig Zeit verflossen. Die unregelmäßige Küstenlinie hat sich nur wenig verändert. Die geschiebearmen Flüsse haben bloß kleine Deltas bilden können. Die Kliffbildung ist am weitesten südlich von Ragusa vorgeschritten. Auch bei Zara ist die bis zur Küste ausstreichende Verebnungsfläche durch kleine Kliffe

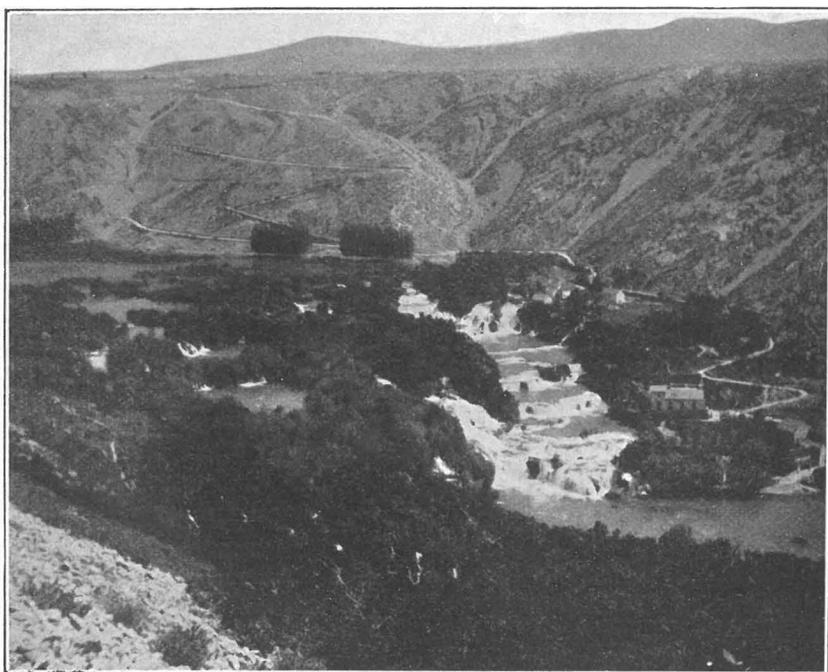
angeschnitten; doch beschränkt sich dort die Kliffbildung nur auf die Tertiärküste. An der Karstküste Mitteldalmatiens konnten sich noch keine Kliffe entwickeln. Im allgemeinen hat die dalmatinische Küste das Stadium der Jugend noch nicht überwunden; nirgends findet sich jene weiter vorgeschrittene Entwicklung, wie ich sie z. B. an der istrianischen Westküste¹⁾ gesehen habe.

¹⁾ Vgl. N. Krebs, Die Halbinsel Istrien, Pencks Geogr. Abh. IX. 2. 67.





Das ertrunkene Kerkatal oberhalb von Sebenico.
Kleine Mosore sind der Verebnungsfläche aufgesetzt.

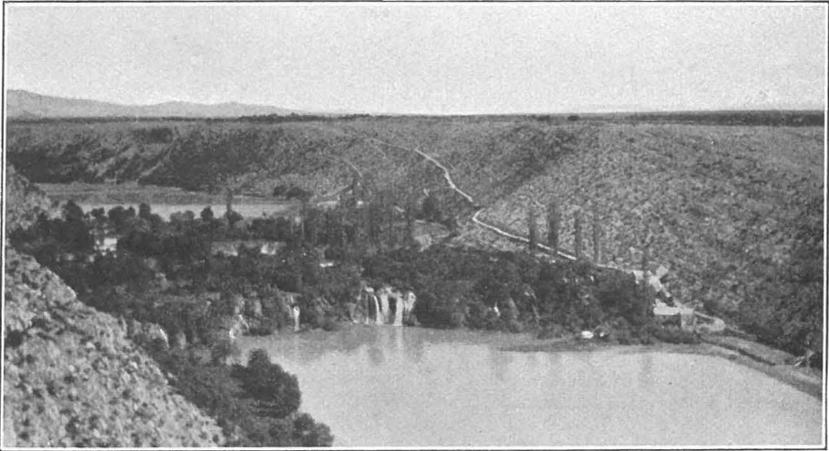


Scardonafall.
Über dem Tal die Verebnungsfläche, darüber das Karstwellengebiet.
Reiche Vegetation nur in der Nähe des Falles.



Alte Tuffterrassen oberhalb des Scardonafalles an der Vereinigungsstelle von Kerka (l) und Cikola (r).

Rechts das Ende der geschwungenen Tuffbarre.
Aufgestauter „Kerkasee“ mit Buchten. Reife Landschaft.
Die Verebnungsfläche bildet eine schnurgerade „skyline“.



Fall von Corić. (Wasserfall- und Seenregion an der mittleren Kerka.)

Oberhalb des Falls der See von Bielobir.

Die Verebnungsfläche von Kistanje schneidet die Schichten scharf ab.

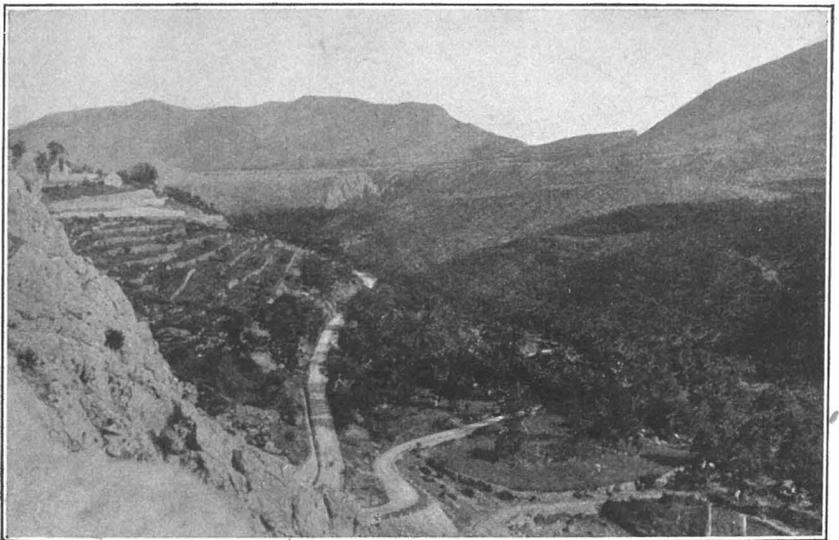
Über der Verebnungsfläche der Monte Promina.



Cetinaschlucht in der Ljutebenheit.

Blick gegen Südosten, rechts die Abfälle der Biokovo, links die der Katuni-Ebenheit aufgesetzten Mosore Sidač, Orljač.

Links (im Vordergrund) der Abfall der Katunistufe.



Die Reste der Ljut am Sattel (288 m) südlich von Duare.

Links Abfall der Ljut; rechts Flyschmulde unterhalb Gubavica.

Hier reichere Vegetation.

Im Hintergrund rechts Dovanjketten, links Ausläufer der Biokovo.