

daher wenig Wert bei schnellen Reisen hat. Hier muß ich antworten, daß es kein Nachteil für eine Beschreibungsmethode ist, daß sie ein gutes Wissen des zu beschreibenden Gegenstandes fordert. In der Botanik z. B. muß eine Flora gut bekannt sein, bevor sie beschrieben werden kann: es gibt heutzutage keine angenommene Methode für die Beschreibung von Pflanzen, die der einfachen empirischen Beschreibung der Landformen entspricht, die Botaniker scheinen aber nicht unzufrieden darüber. Ein botanischer Reisender basiert seine Reiseaufzeichnungen über die Flora eines erforschten Gebietes, sei es schnell oder langsam bereist, auf eine gründliche Bekanntschaft mit schon beschriebenen Pflanzen; und kein wissenschaftlicher Botaniker klagt darüber, daß, während er viele schon bekannte Arten leicht erkennt, er nicht sogleich alle neuen Arten erkennen kann.

Dasselbe muß für die Geographie wahr werden. Wie schnell ein Geograph auch reist, so kann er doch viele Landformen auf den ersten Blick so gut verstehen, daß er berechtigt ist, ihnen sogleich erklärende Bezeichnungen zu geben. Über andere Formen kann er eine vernünftige Vermutung über ihren Ursprung haben, und dann ist es wichtig, daß er die Vermutung einfach angibt, da sie einen dienlichen Wink für spätere Erklärungen durch seine Nachfolger geben kann; und endlich für diejenigen Formen, die er gar nicht versteht, muß er notwendigerweise, aber immer ungern, eine nur empirische Beschreibung annehmen.

Man kann sich leicht vom Fenster eines Schnellzuges zur Genüge überzeugen, ob das Scheunentor einer in der Nähe liegenden Meierei offen steht oder nicht, oder, wenn der Zug der Gotthardbahn folgt, ob ein Nebental sich gleichsohlig oder hängend mit seinem Haupttal vereinigt. Von den Zügen der Northern Pacificbahn haben vielleicht andere Reisende sowohl wie die Mitglieder der Transkontinentalen Exkursion von 1912 den allmählichen Übergang bemerkt zwischen den normal ausgeglichenen Formen einer südöstlichen Strecke des Flathead-Clarkforktales in Montana und den durch Gletschererosion ausgestalteten Steilwänden und Rundhöckern einer mehr nordwestlichen, weiter stromab liegenden Strecke desselben Tales. Vom Verdeck eines vorübergehenden Dampfers wagt man, ohne daß man allzu kühn wird, flache vorspringende Tiefländer an den Flußmündungen einer Steilküste sogleich als unverkennbare Deltas aufzuzeichnen; viele Reisende werden das getan haben, die die Deltas der beiden Irmakflüsse am Südufer des Schwarzen Meeres derartig gesehen haben. Mit einem guten Feldstecher kann der eiligste Reisende die zugeschärften Spitzen und die ausgehöhlten Kare ehemals vergletschertes Gebirge, seien sie auch 30 und 40 km entfernt, ohne Zögern erkennen, um so besser, wenn die niedrigeren benachbarten Gipfel nur normal abgerundete, ausgeglichene Formen zeigen. Ein kurzer Besuch genügt dazu, daß man die ausgezeichnete gehobene Ein-

ebnungsfläche erkennt, die im Hinterland der ertrunkenen Küste des nordwestlichen Dalmatiens von unterworfenen Gebirgen umgeben und mit einem scharf eingeschnittenen, kaum reifen Flußtal durchzogen wird. Während man um das Ende eines Gebirgszuges ohne anzuhalten reitet, kann man sagen: Jener Zug sieht aus, als ob er eine schiefgestellte Verwerfungsscholle wäre, die vor ihrer Schiefstellung eingeebnet wurde, und nachher auf der steilen Bruchwand tief, auf der sanfter geneigten Abdachung weniger, auf beiden Seiten aber nur jung zerschnitten wurde und auf dem gesunkenen Teil der Abdachung stark durch einen umfließenden, augenscheinlich konsequenten Fluß aufgeschüttet wurde: ein tatsächliches Beispiel eines Gebirgszuges, den ich derartig beschrieben habe, hat ein späterer und weniger eilender Forschungsreisender wesentlich auf dieselbe Weise erklärt. In der Tat ist die erklärende Beschreibungsweise nicht nur am Ende einer gemächlichen Forschung, nein auch während einer schnellen Reise oft so leicht anwendbar, daß sie allgemeine Anwendung verdient, immer vorausgesetzt, daß der Reisende für seine Reise gut vorbereitet ist: wenn nicht, kann er sich der altmodischen empirischen Methode bedienen. (Schluß folgt.)

Der geographische Zyklus im Karst.¹⁾

Von Prof. Dr. Alfred Grund, Prag.

Im Formenschatz der Erdoberfläche hat die Karstlandschaft ihre eigene Stellung, eine Art Ausnahmestellung, die sie den besonderen Formen der Abtragung, die im Karste eintreten, verdankt. Diese Sonderstellung hatte zur Folge, daß die moderne Zyklenlehre, wie sie W. M. Davis für alle Zerstörungsvorgänge der Erdoberfläche entwickelt hat, erst spät auch auf das Karstphänomen angewendet wurde und daß hier noch nicht dieselbe Vertiefung eingetreten ist, wie in den anderen Zweigen der Geomorphologie.

Zum ersten Male unternahm Pencck²⁾ und bald darauf Ed. Richter³⁾, den geographischen Zyklus im Karst deduktiv zu entwickeln und darzutun, daß auch hier die Abtragung einer Fastebene zustrebt, die gegeben ist durch den Grundwasserspiegel. Denselben Gedankengang entwickelte einige

¹⁾ Vortrag, gehalten auf der 85. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wien, am 23. September 1913.

²⁾ Über das Karstphänomen. Vorträge des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, 44. Jahrg., Heft 1.

³⁾ Beiträge zur Landeskunde Bosniens und der Herzegowina; Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina, X. Bd., S. 102—108.

Jahre später Cvijić¹⁾ und kam zu demselben Ergebnis wie Penck und Richter. Mit diesen Untersuchungen war der Karstzyklus in seinen größten Zügen festgelegt. Es fehlte aber am Ausbau der einzelnen Stadien des Vorganges der Abtragung im Karste. Dies versuchte Sawicki in mehreren Abhandlungen²⁾. Waren seine Vorgänger vom Karst des Dinarischen Gebirges ausgegangen, so knüpfte er bei seinen Darlegungen an seine Erfahrungen an, die er vor allem im Slovakischen Karst Oberungarns gesammelt und in den Causses, im Jura und anderweitig erweitert hatte. Er kam so dazu, einen Gegensatz im Zyklus des nackten und bedeckten Karstes aufzustellen, wonach der bedeckte Karst in einer Reihe von Unterzyklen abgetragen werden sollte, während sich der Vorgang im nackten Karst einfacher abspielen sollte in der Weise, wie dies schon Penck, Richter und Cvijić ausgeführt hatten. Wir werden auf diese von Sawicki gemachte Unterscheidung zweier verschiedener Karstzyklen noch zurückzukommen haben.

Der Karst ist eine besondere Form der Abtragung, bei welcher die chemische Zerstörung des Gesteins sich mit unterirdischer Entwässerung kombiniert. Diese Besonderheit ist die Folge der Klüftigkeit und Löslichkeit der Karstgesteine, Kalk und Dolomit, in Wasser. Der Karst in seiner reinsten Form kann daher keine oberirdische Entwässerung besitzen, alles Wasser muß unterirdisch abströmen. Das auf das Karstgestein auffallende Regenwasser versickert jedoch nicht sofort, weil nicht jeder Regentropfen sofort eine Versitzstelle trifft. Auf dem Wege dahin entfaltet sich daher die chemische Lösungsarbeit des Wassers, welche die charakteristischen Oberflächenformen des Karstes in Gestalt der Rinnekarren, Kluffkarren, Dolinen und Uvalen schafft. Wenn wir die chemische Verwitterung als Korrosion bezeichnen wollen, so ist also der Karst als die Korrosionslandschaft zu definieren, die im Gegensatz steht zur Erosionslandschaft, wie sie durch das oberirdisch abfließende Wasser unter Mitwirkung der Denudationsprozesse geschaffen wird. Der Hauptunterschied der Korrosionslandschaft gegenüber der Erosionslandschaft ist das Fehlen gleichsinniger Abdachung zum Meere, weil es im Karst nicht zu oberirdischer Entwässerung kommt.

¹⁾ Bildung und Dislozierung der dinarischen Rumpffläche; Petermanns Mitteilungen 1909, S. 124—127.

²⁾ Ein Beitrag zum geographischen Zyklus im Karst. Geographische Zeitschrift, Bd. 15, S. 185 u. ff.

Skizze des slowakischen Karstes und der geographische Zyklus im Karst überhaupt (polnisch mit deutschem Resumé), Kosmos, XXXIII, 1908, S. 395—445.

Die Causses. Skizze eines greisenhaften Karstes. Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie, Mars 1909.

Der reinste Fall einer Korrosionslandschaft wäre der, wenn das Karstgestein bis auf den letzten Rest löslich wäre und wenn wirklich nur Korrosionsprozesse allein wirksam wären. Dies wäre der Idealfall eines nackten Karstes, weil in diesem Falle die ganze Oberfläche rein nur mit Korrosionsformen bedeckt wäre. Aber dieser Idealfall kann nie eintreten. Vor allem spielen stets auch andere Formen der Verwitterung mit herein und dann ist auch der reinste Kalkstein nie bis zum letzten Rest löslich, sondern hinterläßt beim Auflösen stets einen unlöslichen Überrest lehmiger, erdiger und kieseliger Substanz, der den Karstlehm und die sogenannte Roterde liefert. Dieser unlösliche Rückstand ermöglicht der Vegetation das Wurzelfassen und die Vegetation hält ihrerseits den Karstlehm an der Oberfläche fest, so daß er nicht völlig in den Versitzstellen des Wassers zur Tiefe entführt wird. Auch der sogenannte nackte Karst, wie er im Mittelmeergebiet so großartig uns entgegentritt, ist daher niemals wirklich ganz nackter Karst. Wir werden auch hier in den Klüften, Fugen und Taschen des Gesteines Nester von Karstlehm entdecken, auf denen sich Gräser, Sträucher, Gebüsch oder gar Bäume angesiedelt haben. Die Unterscheidung zwischen nacktem und bedecktem Karst, wie sie Ed. Richter vorgenommen hat¹⁾, ist daher nur graduell zu verstehen, daß der eine nur eine lückenhafte, der andere eine geschlossene Eluvial- und Vegetationsdecke trägt. In vielen Fällen wird es ja leicht sein, einen nackten Karst als solchen zu erkennen, wenn ein Blick über die Karstoberfläche allenthalben nur das stumpfe Grau des Karstfelsens in der Oberhand gegenüber dem Grün der Vegetation zeigt, aber wenn das Grün größere Flächen einnimmt, 25—50 oder gar 75 % der Oberfläche bedeckt, dann ist man manchmal sehr in Verlegenheit, zu sagen, ob dieser Karst noch als nackt oder bedeckt zu bezeichnen ist. Es würde sich für diese Fälle empfehlen, von einem halbbedeckten Karst zu sprechen.

Dabei erhebt sich noch die Frage, ob der nackte Karst des Mittelmeergebietes eine ganz natürliche Erscheinungsform ist. Wir haben gesehen, daß der Vegetation im Karst die eminent wichtige Rolle zufällt, den gebildeten Karstlehm mit ihren Wurzeln festzuhalten. Dazu tritt nun noch die Humusbildung durch verwesende pflanzliche Substanz, besonders der Blätterfall laubabwerfender Bäume kommt hier in Betracht, der im Wald die Bedeckung des Felsbodens fördert, ferner der Schutz, den die Baumkronen gegen Abspülung bieten. Jeder gewaltsame Eingriff in die natürliche Pflanzenbedeckung muß daher auch den Charakter des Karstes treffen. Das Mittelmeergebiet ist seit mehr als zwei Jahrtausenden der Schauplatz einer beständigen Verwüstung der Vegetation, weshalb sich der Gedanke

¹⁾ Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina, X, S. 89—92.

nicht abweisen läßt, daß die heutige Nacktheit des mediterranen Karstes durch den menschlichen Eingriff künstlich gesteigert worden ist, daß früher der mediterrane Karst mindestens halb bedeckt gewesen sein dürfte, als noch große zusammenhängende Wälder den Karst bedeckten.

Der reinste Fall einer Korrosionslandschaft scheint in den Tropen gegeben zu sein, wo durch den sehr gleichmäßigen Gang der Bodentemperatur die mechanische Verwitterung die geringste Möglichkeit zur Entfaltung vorfindet und daher die chemische Verwitterung weitaus in der Oberhand ist. Hier ist die reinste Korrosionslandschaft zu erwarten.

Die beste Gelegenheit zu mechanischer Verwitterung ist bekanntlich gegeben, wenn die Temperatur des Bodens häufig um den Frostpunkt schwankt. Aus diesem Grunde sind auch die subtropischen Karstgebiete trotz der starken Temperaturschwankungen noch immer Gebiete sehr reiner Korrosionswirkung, weil das Gefrieren des Bodens hier Ausnahmefall ist.

Im Karst des gemäßigten Klimas dagegen kombiniert sich mit der chemischen Verwitterung auch die mechanische. Durch sie kommt es, daß sich dem Karstlehm auch noch Gesteinsbrocken beimischen und daß hier der für humide Gebiete charakteristische allmähliche Übergang vom Gestein zur Verwitterungsdecke im Wege einer Zone gelockerten Gesteingefüges eintritt.

Aber der mechanische Zerfall eines Gesteines ist nicht durch häufiges Gefrieren und Auftauen allein bedingt. Auch das ursprüngliche Gefüge und gebirgsbildende Prozesse sind maßgebend. Dünngeschichtete plattige Kalke erfahren im Gefolge der Gebirgsbildung eine starke Zerklüftung und zerfallen daher leicht zu Scherben. Dies gilt z. B. von einzelnen eoänen Kalkhorizonten des Dinarischen Gebirges¹⁾. Auch der Dolomit neigt, wo er von der Gebirgsbildung zerklüftet wurde, dem Zerfall in eckigen Schutt außerordentlich zu.

In all diesen aufgezählten Fällen kombiniert sich also die Korrosion mit mechanischer Zerstörung des Gesteins.

Wenn wir daher den Karst als Korrosionslandschaft definiert und zur Erosionslandschaft in Gegensatz gesetzt haben, so soll dies nicht bedeuten, daß im Karst nur die Korrosion allein als abtragende Kraft wirksam ist, sondern dieser kommt eben nur die Rolle des ausschlaggebenden Faktors zu, der die Formen der Erdoberfläche bestimmt. Neben ihr können aber auch andere Kräfte wirksam sein, z. B. die mechanische Verwitterung, die Abspülung, im bedeckten Karste das Schuttkriechen. Ebensowenig ist ja auch in der Erosionslandschaft nur die Erosion des fließenden Wassers allein tätig, sondern mit ihr kombinieren sich mechanische und chemische Verwitterung, die Abspülung, das Schuttkriechen und andere Prozesse.

¹⁾ Siehe Kerner, Verhändl. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1896, S. 432—3.

Wir wollen uns nun der Frage zuwenden, welche Faktoren das Auftreten des nackten und bedeckten Karstes bewirken. Sicherlich sind klimatische Momente maßgebend¹⁾. In Gebieten reiner Korrosionswirkung wie in den Tropen und auch in den Subtropen, ist die Bildung einer geschlossenen Verwitterungsdecke gewiß schwieriger und erfordert längere Zeit als in den Gebieten mit Frosttemperaturen, weil in dem ersteren Falle nur die chemische Verwitterung allein, in dem anderen aber diese und die mechanische Zerstörung an der Bildung einer Verwitterungsdecke arbeiten. Aber bei hinreichender Zeit wird auch in diesen Gebieten ungünstiger Vorbedingungen eine geschlossene Verwitterungsdecke entstehen können.

Dies zeigt sich vor allem beim tropischen Karst Jamaikas und Javas, den uns Daneš kennen gelehrt hat²⁾, den er als bedeckten Karst schildert. In den Tropen ist es vor allem die üppige Entfaltung der Vegetation, welche die ungünstigen Vorbedingungen zum guten Teil wieder ausgleicht.

Im Mediterrangebiet ist die große Trockenheit des Bodens der kräftigen Entfaltung der Vegetation sehr hinderlich, in der Sommerdürre müssen viele Pflanzen ihren Lebensprozeß einstellen, und erst, wenn die ersten kräftigen Herbstregen niedergerauscht sind, entfaltet sich aus den Wurzeln, Knollen und Zwiebeln neues Leben. Vor diesem Wiedererwachen des Lebens ist aber der des Waldes beraubte, kahle, ausgedorrte Boden der kräftigen spülenden Wirkung des Regens ausgesetzt. So ist das mediterrane Gebiet

¹⁾ Sawicki hat (Beiträge zum geographischen Zyklus im Karst, Geogr. Zeitschr. 1909, S. 187) bereits dem Klima eine entscheidende Rolle im Karstzyklus zugeschrieben, aber nur deshalb, weil die chemische Verwitterung von der Luftfeuchtigkeit und Wärme des Wassers abhängt. Er beruft sich hierbei auf Rothe (sic!), Allgemeine Geologie, daß kohlenäuresättigtes Wasser bei 0° weniger Kalk löse als Wasser von 15°. Sawicki scheint diese unrichtige Anschauung gar nicht aus Roth, Allgem. Geologie, sondern aus der Höhlenkunde von Knebel geschöpft zu haben. Roth berichtet an der Stelle nämlich nicht nur von den Beobachtungen von Lassaigue, sondern auch von denen Cossas, welche den Ergebnissen Lassaignes zuwiderlaufen, wonach die Lösungsfähigkeit kohlenäuresättigten Wassers mit Zunahme der Temperatur abnimmt. Letzteres Ergebnis Cossas ist wahrscheinlicher, da die Absorptionsfähigkeit des Wassers für Kohlensäure mit zunehmender Temperatur abnimmt. Darnach muß also die Korrosion in niederen Breiten, entgegen der Auffassung Sawickis, bei gleicher Wassermenge langsamer arbeiten als in höheren Breiten. Aber ich möchte auf diese verschiedenen intensive Korrosionswirkung weniger Gewicht legen als auf die Kombination der chemischen Verwitterung mit mechanischer Zerstörung in höheren Breiten. Siehe auch Krebs in Mitt. d. geograph. Gesellsch. in Wien 1909, S. 402—403 u. 687—688.

²⁾ Geomorphologische Studien im Karstgebiete Jamaikas. Compte rendu des IX. internat. Geographen-Kongresses in Genf, II. Bd., S. 178—182.

Die Karstphänomene im Goenoeng Sewoe auf Java, Tijdschrift van het koninklijk nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, 2. Ser., dl. XXVII, 1910, S. 247 u. ff. Karst tipa „Goenoeng Sewoe ili Cockpit country“ (serbisch). Glasnik der serbischen geographischen Gesellschaft, II, S. 310—313.

der Waldverwüstung prädestiniert zur Entwicklung des nackten Karstes. Und doch sehen wir auch im Mediterrangebiet bedeckten Karst auf entwaldetem Boden auftreten. Die Halbinsel Istrien ist bedeckter Karst, desgleichen ist auch die herzegowinische Karstebene wenigstens halbbedeckter Karst. Es sind freilich gewissermaßen Ausnahmefälle, aber sie lehren, daß auch in den Subtropen bedeckter Karst möglich ist. Diese Ausnahmefälle beschränken sich auf ebene Flächen, wo die abspülende Wirkung des Regens gering ist, geneigte Böschungen sind dagegen im Mediterrangebiet, wo sie entwaldet wurden, stets nackter Karst. Hier ist offenbar der Karstlehm bereits abgespült, während er sich auf den Karstebenen zum Teil noch erhalten hat. Im Walde und in der Macchie des Mediterrangebotes gibt es aber auch auf geneigten Böschungen bedeckten und halbbedeckten Karst. Wir möchten aus diesen Verhältnissen den Schluß ziehen, daß die Bedeckung des mediterranen Karstes vor dem schädlichen Eingreifen des Menschen stärker war als heute und daß der bedeckte und halbbedeckte Karst im Mittelmeergebiet Relikte eines früher allgemein verbreiteten Zustandes sind.

Jedenfalls ergibt sich aus all diesem, daß die Unterscheidung von nacktem und bedecktem Karst eigentlich auf einem unnatürlichen Vorgang beruht, daß der Mensch es war, welcher das natürliche Gleichgewicht der Kräfte störte, indem er die Abspülung verstärkte. Das Verhältnis der abtragenden Kräfte ist gestört, aber es sind dieselben abtragenden Kräfte hier wie dort wirksam, jedoch in verschiedenem Ausmaße. Der Unterscheidung des nackten und bedeckten Karstes kommt also nur ein gradueller Wert zu.

Die verschiedene Gunst der Bedingungen für die Bildung einer geschlossenen Verwitterungsdecke im Subtropengebiet und im gemäßigten Gebiet gibt sich jedenfalls am besten darin kund, daß der mitteleuropäische bedeckte Karst trotz Entwaldung und Anlegung von Feldern bedeckter Karst geblieben ist, daß er sich nicht in nackten Karst umgewandelt hat wie der Karst des Mittelmeergebietes.

Wenn wir nun eine scharfe grundsätzliche Unterscheidung von nacktem und bedecktem Karst verwerfen müssen, so können wir auch der Auffassung Sawickis nicht beipflichten, daß im Zyklus des nackten und bedeckten Karstes ein Gegensatz bestehe¹⁾. Sawicki legte großes Gewicht darauf, daß die Bildung einer geschlossenen Verwitterungsdecke zu einer Verschmierung der Klüfte führe und daß dadurch der Karstprozeß zum Stillstand komme. Im Gefolge dieser Verschmierung sollte es zu oberirdischer

¹⁾ Ein Beitrag zum geographischen Zyklus im Karst. Geograph. Zeitschr., 15. Bd., S. 185 u. ff.

Entwässerung und daher zur Talbildung kommen. Durch diese sollte die Schuttdecke zerschnitten, das Karstgestein entblößt und so ein neuer Karstzyklus ausgelöst werden, der sein Ende wieder mit der Bildung einer Verwitterungsdecke fände. So sollte sich also im bedeckten Karst die Abtragung in mehreren Unterzyklen abwechselnder Verkarstung und Talbildung vollziehen, indem sich der Karstprozeß gewissermaßen selbst ersticken und nur durch die Talbildung wieder neu beleben sollte. Diese Unterzyklen unterscheiden nach Sawicki den Zyklus des bedeckten von dem des nackten Karstes. In diesem vollzieht sich die Abtragung durch beständige Vertiefung der Dolinen, bis das ganze Land bis zur Kotrosionsbasis, bis zum Grundwasserspiegel, abgetragen ist. Hier fehlen also die von Sawicki behaupteten Unterzyklen.

Sawicki hat den Slovakischen Karst Oberungarns als das Muster eines verschmierten Karstes hingestellt¹⁾. Aber dieser angeblich verschmierte Karst zeigt, abgesehen vom Südrande, keine Talbildung, es fehlt also der von Sawicki angenommene Unterzyklus. Deshalb behalf er sich mit der Annahme, daß fast der ganze Niederschlag durch Verdunstung beseitigt werde, weshalb es vorläufig noch nicht zu oberirdischer Entwässerung komme. Er nahm an, daß 98—99% des Niederschlages wieder verdunsten.

Diese Annahme einer so übermäßig gesteigerten Verdunstung ist jedoch von ihm in keiner Weise durch Beobachtungen und Messungen belegt worden, auch bleibt er die Erklärung schuldig, warum gerade der Slovakische Karst sich anders verhalten sollte als seine undurchlässige Umgebung. Die verheerenden Wirkungen länger dauernder Regengüsse in der Flyschzone der Karpathen hätten ihn warnen sollen, den Slovakischen Karst als ein undurchlässiges Gebiet anzufassen. Dort führt jede längerdauernde Regenperiode zu Hochwasserkatastrophen und im Slovakischen Karst sollen zur selben Zeit 98—99% der Regenmengen, ohne Schaden anzurichten, einfach verdunsten. Die Annahme der so übermäßig großen Verdunstung entzieht überdies seiner Hypothese von den Unterzyklen vollends den Boden, denn wenn nahezu alles Regenwasser verdunstet, kann die Erosionsphase des Unterzyklus niemals eintreten und damit auch die Wiederentblößung des Karstgesteins nicht stattfinden. Die Landschaft wäre morphologisch tot, wenn die arbeitende Kraft durch die übergroße Verdunstung erlahmen würde.

Der Hauptfehler dieser ganzen Beweisführung liegt meines Erachtens in der Annahme einer ausgiebigen Verschmierung der Gesteinsklüfte im bedeckten Karst. Diese ist im Slovakischen Karst gar nicht vorhanden, denn Sawicki selbst beschreibt perennierende Quellen, die nicht aus der

¹⁾ Geograph. Zeitschr., XV, S. 201—204 u. 259—264.

Schuttdecke, sondern aus dem Kalkgestein hervorkommen (bei Vigtelke, Gombaszög, Josvafö u. a.). Dieses muß also Grundwasser enthalten, das vom Niederschlag gespeist wird. Auch erwähnt er Sauglöcher auf der Höhe der Kalkplateaus, welche Wasser in die Tiefe entführen. Das Wasser der Schuttquellen des Plateaus versiegt in ihnen. Die Verwitterungsdecke des Slovakischen Karstes muß also durchlässig sein, um das Dasein perennierender Karstquellen in der Tiefe zu ermöglichen. Sawicki freilich behauptet, daß diese Quellen nur schwach seien und daß ihre Wasserführung nur einen verschwindend kleinen Bruchteil des Niederschlages (nach seiner Schätzung 1—2%) darstellen. Aber solange er nicht exakte Messungen über die Jahresmenge des auf diese Weise dem Slovakischen Karste entströmenden Wassers vorbringt, wird man diese Behauptung nur als eine subjektive unbewiesene Annahme gelten lassen können.

Ich kenne von den bedeckten Karstgebieten Mitteleuropas die Muschelkalklandschaften Thüringens und Schwabens, ferner die Rauhe Alb und den Mährischen Karst. In allen diesen Fällen haben wir es mit wasserarmer Oberfläche zu tun trotz einer das Gestein bedeckenden Verwitterungsdecke. In Thüringen und Schwaben sind Täler in den Kalk eingesenkt, aber die meisten sind Trockentäler, die nur selten Wasser führen. Von einer heftigen Zerstörung der Verwitterungsdecke durch diese Täler ist keine Spur zu sehen, es findet keine Entblößung des Kalkgesteins durch diese Täler statt, vielmehr zieht sich die Schuttdecke von den Gehängen in die Täler hinab. Die Verwitterungsdecke hat hier also zur Talbildung geführt, aber nicht zur Entblößung des Kalkes. Man kann also diese Beispiele auch nicht zur Stützung der Annahme von Unterzyklen im Sinne Sawickis verwenden, daß diese Täler je wieder eine Verkarstung herbeiführen könnten¹⁾. Jedenfalls zeigt sich aber, daß in diesen Gebieten trotz Talbildung keine Verschmierung eingetreten ist, denn die Täler sind Trockentäler, schwächere Niederschläge versiegen im Boden, ohne oberirdischen Abfluß zu bewirken.

Die Tatsache, daß die Verwitterungsdecke des Karstes keine allgemeine Verschmierung bewirkt, läßt sich auch durch die direkte Beobachtung beweisen. Die Bezeichnung Karstlehm für die Verwitterungsdecke ist eigentlich recht unzutreffend, denn der Karstboden ist dort, wo er eluvial ist, von schwarzbrauner oder roter erdiger, poröser Beschaffenheit, die er hauptsächlich der Beimengung vegetabilischer Substanz verdankt. Ferner haftet der Karstboden meist nicht am Gestein, kann es also nicht verschmieren. Wenn man ein Rasenstück aus einer Karre herausnimmt, so läßt es sich ganz unversehrt herausheben, man hat nur den Widerstand der Wurzeln, die sich am Kalk anklammern, zu überwinden. Hat man

¹⁾ Dasselbe gilt von den Tälern im südlichen Teile des Slovakischen Karstes (Geograph. Zeitschr., XV, S. 264).

diese zerrissen, dann läßt sich das Rasenstück und der Karstlehm in seinem vollen Umfang, wie beide die Karre erfüllen, bis auf den letzten Rest herausziehen. Der Karstboden haftet eben nicht am Gestein, sondern an dem Wurzelgerüst der Pflanzen und wird durch diese festgehalten. Dagegen klappt zwischen ihm und dem Gestein ein Zwischenraum, weil die aus dem Boden hervorquellende Feuchtigkeit das Gestein angreift und zum Zurückweichen bringt. Hier kann daher vor allem Wasser zirkulieren und ins Gestein versickern. Deshalb zeigt das Gestein unter der Verwitterungsdecke stets eine rauhe chemisch angegriffene Oberfläche. Aus all diesen Gründen ist also die Verwitterungsdecke des Karstes im allgemeinen durchlässig für den Niederschlag, wenn auch lokal durch Verschmierung Verschmierung eintreten mag. Freilich wird sie den Niederschlag nicht immer rasch durchdringen lassen, auch einen Teil des Wassers zurückhalten und durch Verdunstung wieder an die Luft abgeben. Die Einsickerung erfolgt also im bedeckten Karst gewiß stets langsamer und weniger reichlich wie im nackten Karst. Aber nur dort, wo durch Zusammenschwemmen oder Über-einanderkriechen der Verwitterungsdecke eine Anreicherung ihrer lehmigen Bestandteile eintritt, wird sie lokal undurchlässig werden und zur Bildung schwacher Quellen und von Wasserlachen Anlaß geben können. Aber ebenso wie im mediterranen Karst die verschmierte Doline mit ihrer Regenwasserlache, der Lokva, eine Ausnahmserscheinung ist, so sind auch diese schwachen Quellen der Verwitterungsdecke des bedeckten Karstes Ausnahmefälle.

Indem wir also die Verschmierung nur als Ausnahmefall gelten lassen können, gelangen wir zu dem Ergebnis, daß der von Sawicki aufgestellte Gegensatz im Zyklus des nackten und bedeckten Karstes nicht bestehen kann. Dieselben Korrosionsprozesse, die im nackten Karst an der Oberfläche wirken, arbeiten im bedeckten Karst unter der Verwitterungsdecke langsam aber unaufhaltsam an der Abtragung und Erniedrigung der Erdoberfläche. Gewisse Korrosionsformen werden freilich dem bedeckten Karst abgehen, und zwar solche, die nur auf nackter Felsfläche entstehen können, so vor allem die Rinnenkarren. Kluffkarren, Dolinen und Uvalas können dagegen in beiden Fällen entstehen.

Nun habe ich soeben von Kalkgebieten mit Trockentälern gesprochen und es erhebt sich die Frage, welche Stellung man diesen unter den Karstlandschaften einräumen soll. Man muß da freilich festhalten, daß es zweierlei Formen von Trockentälern gibt, allochthone und autochthone. Im Mährischen Karst gibt es z. B. nur allochthone Trockentäler, in Thüringen und Schwaben dagegen beide Typen. Allochthone Trockentäler sind solche, wo ein Fluß von außen kommend seinen Weg anfänglich in oberirdischem Lauf durch den Karst nahm, später aber dem Karstprozeß erlag,

so daß sein Tal ohne Fluß übrig blieb. Hier lag also die Veranlassung zur Talbildung außerhalb des Karstes. Solch ein Trockental ist also ein Fremdling unter dem übrigen Formenschatz der Landschaft. Solche Fremdformen erscheinen sowohl im nackten Karst (Dragatal in Istrien) wie im bedeckten Karst (das Öde Tal von Sloup).

Anders ist es mit den autochthonen Trockentälern. Diese können im nackten Karst nicht entstehen, denn zu ihrer Entstehung ist eine sehr mächtige Verwitterungsdecke notwendig, denn die Täler entstehen bei dieser Art von Trockentälern auf dem Kalkboden, sie nehmen also im Kalkgebiet ihren Ursprung. Die Entstehungsbedingungen beruhen in folgendem: Wenn eine wenig mächtige Bedeckung des Kalkes vorhanden ist, so wird das Versickern des Wassers rasch erfolgen können, weil die Verwitterungsdecke ihr Wasser nach kurzer Zeit an den Kalk abgeben kann. Bei einer mächtigeren Verwitterungsdecke dauert das Einsickern bis an die Gesteinsgrenze länger, denn die Verwitterungsdecke läßt zwar das Wasser durch, aber langsamer als das darunter liegende Kalkgestein. Wenn daher Regenfälle dicht aufeinander folgen, dann kann es eintreten, daß das Wasser des vorangegangenen Regengusses die Verwitterungsdecke noch nicht passiert hat, wenn schon der nächste niederrauscht. Dessen Wasser wird vielleicht zum Teil noch in den obersten Schichten des Bodens Platz finden, aber schließlich ist die Verwitterungsdecke mit Wasser gesättigt und dadurch für den weiter niedergehenden Regen undurchlässig geworden. In diesem Falle muß es dann zu oberirdischem Abfluß kommen. Aus der Tatsache aber, daß solche Trockentäler nur selten bei dicht aufeinander folgenden Regengüssen schließlich Wasser führen, darf man schließen, daß das Regenintervall für die Durchlässigkeit der Verwitterungsdecke im allgemeinen zu groß ist, so daß der Niederschlag in den meisten Fällen restlos versickern kann. Solche Landschaften mit periodisch wasserführenden Trockentälern sind vor allem in Gebieten möglich, wo sich die Bildung der Verwitterungsdecke durch chemische und mechanische Zerstörungsvorgänge rasch vollzieht, so daß sie mächtig anwachsen kann, oder wo unreine Lagen große Rückstände hinterlassen oder eine fremde Überlagerung auf dem Kalk liegt.¹⁾ Bezeichnenderweise erscheinen zertalte Kalklandschaften in Mitteleuropa in einem Gebiete mit häufigem Frostwechsel. Aber klimatische Ursachen sind, wie schon erwähnt, nicht allein maßgebend. Im Mittelmeergebiet erscheinen sie auf solchem Gestein, wo entweder die chemische Verwitterung große Rückstände unlöslichen Materiales hinterläßt, also besonders auf unreinem Kalk, oder wo das Gesteinsgefüge einen raschen mechanischen Zerfall herbeiführt, wie dies meist beim Dolomit der Fall ist.

¹⁾ Letztere zwei Fälle gelten für die thüringischen und schwäbischen Kalkgebiete.

Für die Bildung von Landschaften mit Trockentälern ist also entweder die klimatische Position oder die Beschaffenheit des Gesteins maßgebend. In gewissem Maße ist auch die Böschung wichtig, die das Wasser vorfindet. Bei gleicher Durchlässigkeit versickert auf geneigter Oberfläche weniger Wasser als auf ebener. Deshalb zeigt ein und derselbe Hauptdolomit auf dem Ternowaner Wald Dolinen, der im Idriagebiet zertalt ist.

Autochthone Trockentäler und Dolinen schließen in diesem Fall einander gegenseitig aus. Dies ist auch für Mitteleuropa die Regel. Wenn dort Dolinen auftreten, so sind es Einsturzdolinen, die durch den Verstoß unterirdischer Hohlräume entstanden sind, nicht aber Korrosionsdolinen. Wenn man aber in solchen Gebieten die Verwitterungsdecke vom Gestein abheben könnte, dann würde sich zeigen, daß es auch hier unter der Verwitterungsdecke zur Entstehung von Korrosionsdolinen gekommen ist, aber diese sind durch den Verwitterungsboden maskiert als geologische Orgeln.

Sie verraten sich nicht an der Oberfläche, weil die rasche Bildung der Verwitterungsdecke und deren Kriechen gegen die Trockentäler alle Unebenheiten, welche die Korrosion hervorruft, ausgleicht.

Soll man nun solche Gebiete mit autochthonen Trockentälern noch zum Karst rechnen oder nicht? Sie verhalten sich in der Morphologie ihrer Oberfläche durchaus wie eine Erosionslandschaft, unter der Verwitterungsdecke haben sie aber alle Eigenschaften einer Korrosionslandschaft, vor allem die unterirdische Entwässerung, Einsturzphänomene und Höhlenbildung. Es sind Übergangserscheinungen, über deren systematische Stellung man verschiedener Ansicht sein kann.

Ich habe solche Gebiete stets zu den Erosionslandschaften gezählt, weil für mich als Geographen der morphologische Standpunkt allein in Frage kam, welche Oberflächenformen das betreffende Gestein aufweist.

Ich bin deswegen mehrfach, vor allem in der Frage des Dolomits, besonders aus dem Kreise der Höhlenforscher angegriffen worden, weil diese die Höhlenbildung und unterirdische Entwässerung als das wichtigste Merkmal des Karstprozesses ansehen. Diese Auffassung ist vom geologischen Gesichtspunkte berechtigt, denn für den Geologen kommt das Verhalten der Gesteinsmasse in Frage, während der Geograph nur die Erdoberfläche in Rücksicht zu ziehen hat.

Wir müssen daher vor allem hervorheben, daß der Begriff Karst für den Geographen und Geologen einen verschiedenen Umfang besitzt. Der geographische Begriff vom Karst ist enger als der geologische. Das, worin der geologische Begriff vom Karst über den geographischen hinausgeht, kann man vom geographischen Gesichtspunkte höchstens als Halbkarst gelten lassen.

Indem der Halbkarst die Formen der Erosionslandschaft besitzt, hat er uns hier nicht zu beschäftigen, denn wir wollen als Karst nur die Korrosionslandschaft auffassen, deren charakteristische morphologische Erscheinung die Ungleichsinnigkeit der Böschung ist.

Wir haben nunmehr den Rahmen unserer Betrachtung allseits soweit umgrenzt, daß wir uns nunmehr der Frage zuwenden können, wie sich der Karstzyklus in seinen einzelnen Stadien abspielt. Wir müssen da vor allem von der Frage ausgehen, welche der Korrosionsformen uns den Leitfaden liefert, um die verschiedenen Stadien einer Karstlandschaft zu erkennen. Begreiflicherweise können es nicht die Kleinformen der Korrosion sein, die hier in Frage kommen, wie die Rinnen- und Kluftkarren, es müssen vielmehr größere sinnfällige Formen sein, die beim Betrachten der Landschaft sofort in die Augen springen¹⁾.

Als morphologische Leitform bietet sich da vor allem die Korrosionsdoline dar. Sie hat in der Korrosionslandschaft dieselbe Funktion, die das Tal in der Erosionslandschaft einnimmt, nämlich das Niederschlagswasser abzuleiten. Sowie wir nun an der Beschaffenheit des Tales das Altersstadium einer Erosionslandschaft ermessen, so muß uns also die Doline dieselbe Handhabe bei der Korrosionslandschaft bieten.

Nach der Zyklenlehre von Davis ist eine Landschaft als jung zu be-

¹⁾ Sawicki (Geograph. Zeitschrift, Bd. 15, S. 192 u. ff.) hat es versucht, die einzelnen Altersstadien in der Entwicklung der Karstformen deduktiv abzuleiten. Er behauptet, daß Kluftkarren ein reiferes Stadium der Karrenbildung darstellen als Rinnenkarren, wirft sie also mit diesen zusammen, was gänzlich unrichtig ist, da beide Karstformen zwei scharf von einander zu trennende Erscheinungen des Karstphänomens sind. Sein Studium des Désert de Platé hatte ihm, wie er selbst ausführt, das Gegenteil seiner Deduktion dargetan. Die richtige Schlußfolgerung wäre in diesem Falle gewesen, daß die Deduktion falsch war. Sawicki schließt aber nur, daß wir noch weit entfernt sind von der Lösung aller hierher gehörigen Fragen. Ebenso unrichtig ist es, daß Sawicki für den Zyklus der Höhlen das Endstadium in der verbauten Höhle erblickt, während er beim Zyklus der Höhlenflüsse den Endpunkt im Einsturz der Höhlendecke sucht. Zwischen diesen beiden Aufstellungen klafft ein innerer Widerspruch, der daher rührt, daß Sawicki die trockenen Höhlen und die Wasserhöhlen miteinander vermengt. Überdies hatten bereits Penck und Daneš den Höhlenzyklus ganz richtig entwickelt, dessen Endstadium der Verstoß der Höhlendecke ist. Durch die unrichtige Deduktion der Entwicklungsreihen der Einzelformen kommt Sawicki zu dem Ergebnis, daß die einzelnen Formen ihre Entwicklung in verschiedener Zeit durchlaufen, daß junge Karren auf den Gehängen (angeblich) reifer Dolinen, senile Uvalen über jugendlichen Höhlen, eine alte Oberfläche über einem zerrissenen hydrographischen Netze liegen können. Diese Unstimmigkeiten, daß angeblich die Einheitlichkeit der Formenentwicklung fehler hätten ihn warnen sollen, ob nicht vielleicht die von ihm angenommenen Entwicklungsreihen unrichtig sind, denn eine reife oder alte Form darf eben keine Jugendformen aufweisen, solange nicht ein neuer verjüngender Zyklus eingesetzt hat. Auch im Karst besteht eben die Einheitlichkeit der Formenentwicklung.

zeichnen, wenn bei ihr die Abtragung noch nicht imstande war, die Urform zu zerstören und wenn die Unterschiede der Widerstandsfähigkeit gegenüber der Abtragung noch nicht herausgearbeitet sind.

Reif ist eine Landschaft, bei welcher die Urform vernichtet ist und die Unterschiede der Widerstandsfähigkeit der Gesteine gegenüber der Abtragung kräftig herausgearbeitet sind.

Alt ist eine Landschaft, bei welcher das Maximum der Modellierung überschritten ist, wo die Abtragungsarbeit im Bereiche der widerstandsunfähigen Gesteine bis zur Abtragungsbasis fortgeschritten und soweit vollendet ist, daß sich die Abtragung den widerstandsfähigeren Bestandteilen der Landschaft zuwenden kann. Es erfolgt also eine allmähliche Verringerung der Modellierung, bis schließlich im greisenhaften Endstadium die allgemeine Abtragung bis zur Abtragungsbasis eingetreten ist.

Im Karste stellt der Grundwasserspiegel die Korrosionsbasis dar¹⁾, wie schon Penck, Richter und Cvijić dargetan haben. Der Karstzyklus wird also eingeleitet werden, wenn die Oberfläche durch irgend einen Vorgang über dem Grundwasserspiegel zu liegen kommt, sei es durch eine Hebung des Landes, oder durch eine Senkung des Grundwasserspiegels. Dadurch wird die unterirdische Entwässerung und damit der Korrosionsprozeß entfesselt. Auf der Uroberfläche werden an all den Stellen, die günstige Vorbedingungen, insbesondere stärkere Zerklüftung darbieten, Dolinen

¹⁾ Sawicki (Ein Beitrag zum geograph. Zyklus im Karst, Geograph. Zeitschrift, XV, S. 197) bezeichnet den Grundwasserspiegel als die Evolutionsbasis. Er behauptet (S. 190 und 278), daß der Karstgrundwasserspiegel minimales Gefälle habe und daß daher in seinem Niveau die mechanische Erosion des fließenden Wassers aufhöre und daß hier auch nur eine beschränkte chemische Erosion möglich sei. Hierzu ist zu bemerken, daß die Berechnung des Gefälles des Grundwasserspiegels durch Sawicki unrichtig ist. Er behauptet, es sei in Istrien kleiner als $1-2\text{‰}$, weil die Draga trotz dieses geringen Gefälles trocken liegt. Diese Behauptung ist falsch, denn nach Krebs beträgt das Gefälle der Draga $9,5\text{‰}$ und steigert sich noch im untersten Stück, wo die Talsohle im Canal di Leme unter den Meeresspiegel hinabtaucht. Der Karstwasserspiegel könnte daher ein fast zehnmal größeres Gefälle besitzen, als ihm Sawicki zugestehen will. Ebenso unrichtig sind seine Angaben bezüglich des Schachtes von Dignano, der $2,1-7,5\text{‰}$ Gefälle ergibt, nicht $1,6$ bzw. $2-3-5\text{‰}$, wie Sawicki behauptet. Damit fällt auch die von Sawicki angenommene Unfähigkeit des Grundwassers zu mechanischer und chemischer Erosion. Ich verweise da vor allem auf die Erscheinungen mechanischer Erosion in der Flußhöhle von Padirac, auf die Martel aufmerksam gemacht hat. Jede Flußhöhle ist eine röhrenförmige Erweiterung einer Kluft, die nur durch mechanische und chemische Erosion möglich ist. Auch führt jeder Höhlenfluß Geschiebe und Schlamm. Auch eine weitere Annahme Sawickis wird damit hinfällig. Er behauptet, daß sich im Laufe der Entwicklung die Evolutionsbasis hebt, weil im Grundwasserniveau, wo die mechanische und chemische Erosion und Transportation aufhöre, die Hohlräume durch Ausfällung von Schlamm und Sinter verkleinert und dadurch das Grundwasser emporgetrieben werde. Sawicki vergißt, daß alle Karst-

entstehen. Nachdem diese Bedingungen nicht überall gegeben sind, wird sich die Oberfläche nicht allenthalben gleichmäßig mit aneinanderstoßenden Dolinen bedecken, sondern anfangs sind die Dolinen klein und voneinander getrennt durch Riedelflächen. In diesen Riedelflächen ist die Uroberfläche noch vorhanden. Solch eine Landschaft müssen wir als jung bezeichnen, denn die Korrosionsdolinen haben die Uroberfläche noch nicht zerstört, sondern diese läßt sich aus den Riedelflächen zwischen den Dolinen erkennen.

Suchen wir nach Beispielen für dieses Stadium der Entwicklung einer Karstlandschaft, so werden wir kaum in Verlegenheit kommen. Zahlreiche Karstlandschaften des Dinarischen Gebirges weisen dieses Jugendstadium des Karstzyklus auf, ebenso der mährische und slovakische Karst, desgleichen die Causses von Südfrankreich. Eigentlich befinden sich fast alle Karstgebiete Europas noch im Jugendstadium, ein Umstand, der eben für die Erkenntnis der Stadien des Karstzyklus ein großes Hindernis dargeboten hat.

Wenn sich eine Landschaft dem Reifestadium nähert, so werden in ihr vor allem die Unterschiede der Widerstandsfähigkeit zur Geltung kommen. So wie es harte und weiche Gesteine gibt, wenn die Erosion in Frage kommt, so verhalten sich auch die Kalk- und Dolomitgesteine der Korrosion gegenüber nicht gleichartig, sondern es gibt je nach der Reinheit des Kalkes leicht- und schwerlösliche Kalke¹⁾.

Eine starke Zerklüftung, welche dem Wasser viele Angriffspunkte bietet, wird ebenfalls die Korrosionswirkung verstärken, während ein schwach zerklüftetes Gestein ihr besser widerstehen wird. Diese Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit werden im Laufe des Karstzyklus zur Geltung kommen, indem im Bereiche der widerstandsschwächeren Gesteine die Abtragung und damit die Zerstörung der Urform rascher vor sich gehen wird, als im Bereiche der widerstandsfähigen Gesteine.

Ansätze zu einer solchen beginnenden Ausreifung sind gelegentlich

quellen durch zeitweise Trübungen die Transportfähigkeit des Grundwassers beweisen; ferner zeigt der große Härtegrad des Quellwassers, daß das Grundwasser dem Gebirge Kalk entführt und so durch chemische Lösung an der Vergrößerung der Hohlräume weiterarbeitet. So wird der Einschwemmung von Karstlehm teils durch mechanischen Abtransport, teils durch chemische und mechanische Vergrößerung der Hohlräume entgegengearbeitet, weshalb ich eine zyklische Hebung der Korrosionsbasis für ausgeschlossen erachte. Jedenfalls ist das Karstgrundwasser dank seinem Gefälle im Jugend- und Reifestadium des Karstzyklus stets zu mechanischer und chemischer Erosion befähigt. Erst im Altersstadium dürfte die mechanische Erosion mit der Erweiterung der Hohlräume erlahmen, nicht aber die chemische Korrosion.

¹⁾ Siehe auch Krebs, Offene Fragen der Karstkunde. Geograph. Zeitschr. 16. S. 134—136.

schon erkennbar im Dinarischen Gebirge. Inmitten der harten Rudistenkalke des Birnbaumer Waldes erscheinen mehrere Züge weicherer Chamidenkalke. Diese geben sich in der Oberfläche als langgezogene Uvalen kund, indem hier die Abtragung rascher vor sich gegangen ist.

Wie wird sich nun die Ausreifung einer Karstlandschaft vollziehen, wenn sie auf größeren Strecken aus homogenem Karstgestein aufgebaut ist? Hier werden die Dolinen im Laufe der Zeit immer zahlreicher und größer werden, sie werden durch ihr Wachstum die Riedelflächen zwischen sich immer mehr verkleinern, bis schließlich die Dolinen zusammenwachsen, bis die Riedel zwischen ihnen zu Graten geworden sind. Diese Phase der Entwicklung, die freilich wegen der ungleichmäßigen Dichte der Dolinen nicht überall gleichzeitig eintreten wird, können wir als das Ende des Jugendstadiums annehmen, die Uroberfläche ist in den Graten zumeist noch erkennbar, aber das weitere Wachstum der Dolinen muß die Grate zwischen den Dolinen erniedrigen und damit die Uroberfläche endgiltig beseitigen. Die Karstlandschaft ist damit ins beginnende Reifestadium eingetreten. Diese Phase der Entwicklung scheint der südlichste Teil des Velebit zu besitzen, hier scheint der Karstprozeß das Ende des Jugendstadiums überschritten zu haben, indem die Riedel zwischen den Dolinen zu Graten geworden sind. Die weitere Entwicklung während des Reifestadiums dürfte nun die sein, daß die Zahl der Dolinen, die während des Jugendstadiums im Wachsen begriffen war, wieder abnimmt. Indem die Dolinen an Größe zunehmen, müssen sich diejenigen, welche günstigere Wachstumbedingungen haben, auf Kosten der ungünstiger gestellten vergrößern, sie werden die Grate gegen diese immer mehr erniedrigen und schließlich die schwächeren Nachbardolinen verschlingen. Die Dolinengröße wächst so auf Kosten der Dolinenzahl. So ist auch hier die Auswahl nach der Entwicklungsfähigkeit im Gange, ein für das Reifestadium bezeichnender Vorgang. Große Dolinen, Doppeldolinen und Uvalen sind bezeichnend für eine reife Karstlandschaft.

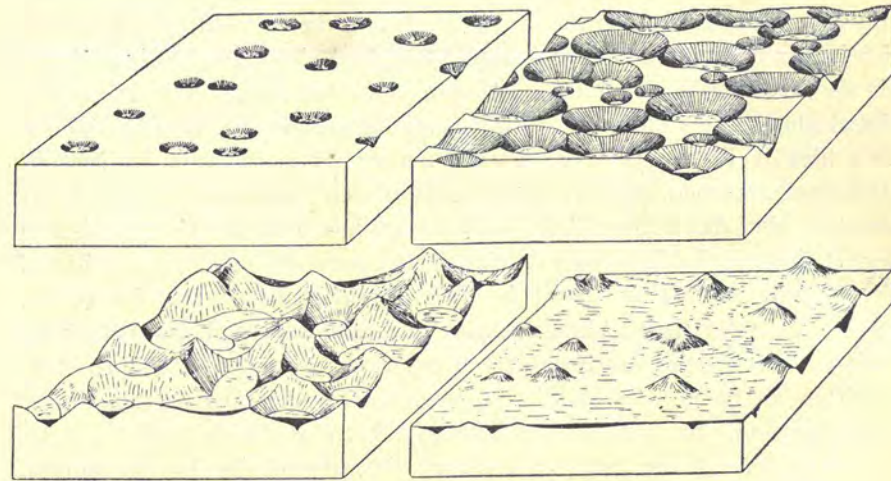
Indem die Dolinen einen runden Umriß besitzen, müssen zwischen ihnen tote Räume der Abtragung übrig bleiben, in ähnlicher Weise, wie im glazialen Zyklus zwischen Karen der Karlingsgipfel stehen bleibt. Es sind die Stellen ungünstigster Vorbedingungen für die Dolinenbildung. Diese werden zwischen den Dolinen zu kegelförmigen Hügeln.

So bietet eine Karstlandschaft im Reifestadium ein eigenartiges Bild. Zwischen einem Gewirr höherer und niederer kegelförmiger Hügel verläuft ein Labyrinth von Tiefenlinien, die eine ungleichsinnig geböschte Sohle haben, indem sie durch Querriegel in einzelne Mulden zerlegt sind. Es sind große flache Dolinen und Uvalen, die zwischen den Hügeln liegen. Daneš hat uns solche Karstlandschaften aus Java und Jamaika geschildert

und für sie die englische Bezeichnung „Cockpit country“, die er von Jamaika entlehnte, verwendet¹⁾. Man könnte danach den Kegelhügel des Reifestadiums als „Cockpit“ bezeichnen.

Die weitere Ausreifung vollzieht sich nun in der Weise, daß sich die Oberfläche der Korrosionsbasis nähert. Zuerst werden in einer Karstland-

Abbild. 42.



Schema des Karstzyklus (entworfen von A. Grund).

Links oben: Junger Karst, in den breiten Riedelflächen zwischen den Dolinen ist noch die Urform erkennbar.

Rechts oben: Spätjunger Karst, die Dolinen sind größer und zahlreicher geworden und sind zum Teil schon zusammengewachsen.

Links unten: Reifer Karst, (Cockpitlandschaft), die Urform ist verschwunden, große Dolinen und Uvalen liegen zwischen den Cockpithügeln.

Rechts unten: Alter Karst (Cockpitlandschaft), zwischen den Cockpithügeln ist das Land ein- und aufgebnet, die Cockpits ragen noch als isolierte niedrige Hügel über die werdenden Rumpffläche auf.

schaft verschiedener Widerstandsfähigkeit die Gesteine geringsten Widerstandes bis zum Grundwasserniveau abgetragen sein. In einem homogen widerstandsfähigen Karstgebiet werden die Uvalen und Talungen zwischen den Cockpithügeln nach und nach bis zum Grundwasserniveau erniedrigt

¹⁾ Tijdschrift van het koninklijk nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, 2. Ser., dl. XXVII, S. 253 u. ff. Ich verweise hier besonders auf den im Glasnik srpskog geografskog društva II, S. 311 reproduzierten Kartenausschnitt des Goenoeng Sewoe, welcher eine Cockpitlandschaft darstellt, und auf die Schilderung auf S. 312. Daneš will im Cockpitkarst eine für ungestörte Kalkgebiete bezeichnende Verkarstungsform erblicken (Glasnik, S. 311), worin ich ihm nicht beipflichten möchte. Übrigens berichtet

und eingeebnet werden²⁾. Ist dies geschehen, dann ist das Altersstadium des Karstprozesses erreicht³⁾. Anfangs wird es bei Hochwasser in den Uvalen zur Entwicklung von blind endenden periodischen Bächen kommen, die später, wenn die Abtragung weiter gediehen ist, perennierend werden. Die unterirdische Hydrographie wird so im Altersstadium des Karstprozesses zu einer oberirdischen. Dieser Vorgang wird noch unterstützt durch das Einstürzen der Decken der Flußhöhlen.

Das Einstürzen unterirdischer Hohlräume, derart, daß der

er, daß er auch im Dinarischen Gebirge in der Umgebung des Bačinsko Jezero und des Jezeropoljes, auf der Südseite der Bjelašnica, bei der Radoboljaquelle, auf dem Velebit und der Biokovo Planina ähnliche Landschaftsformen angetroffen habe, jedoch hätten hier jüngere Störungen die Reinheit der Karstformen verwischt. Ich bekenne es hier gerne, daß es mir die Karten und Photographien des javanischen Karstes, die mir Daneš zeigte, ermöglicht haben, in das Verständnis der Landschaft der süddalmatischen Inseln einzudringen. Auf dem Wege von Prigradica nach Blato auf der Insel Curzola im Mai 1913 wurde mir das erstmal klar, daß es auch im Dinarischen Gebirge echte Cockpitlandschaften gibt. Ich fand sie dann auf Meleda und Lissa wieder und neuerdings auch in der Umgebung des Popovopoljes und in der Krivošćije.

In all diesen Fällen erscheint die Cockpitlandschaft auf gefaltetem Kalk, sie ist also nicht nur für ungestörten Kalk bezeichnend. Der Einfluß der Schichtlagerung äußert sich hier darin, daß die Cockpithügel kettenförmige Anordnung zeigen und daß ebenso die Tiefenlinien als Längsfurchen entgegentreten.

Diese Cockpitlandschaften des Dinarischen Gebietes fehlen bezeichnenderweise dem Gebiet der miozänen Flußverebnungsflächen, sie beschränken sich auf das unverebnete Mosorgebiet. Dadurch war mir deren systematische Stellung im Karstzyklus gegeben. Der Karst abseits der Verebnungsflächen ist in seinem Formenschatz älter als die Gebiete der Einebnung, denn dort läuft der Korrosionszyklus seit dem Jungtertiär bis zur Gegenwart fort, während er hier durch eine fluviatile Phase im Miozän unterbrochen war, worauf im Pliozän und Quartär ein neuer Karstzyklus einsetzte, der nur kleinere, durch breite Riedelflächen getrennte Dolinen in die Verebnungsflächen einsenkte. Durch Vergleich dieser beiden verschiedenen Landschaftstypen erhielt ich das Ergebnis, daß die Cockpitlandschaft dem Reife- und Altersstadium des Karstzyklus angehören muß, während die Karstformen der Verebnungsflächen das Jugendstadium darstellen.

²⁾ Ich verweise hier vor allem auf die Beschreibung der Interior valleys von Jamaika durch Daneš (Compte rendu des IX. internat. Geographenkongresses zu Genf, II, S. 179–180), welche teils ausgereifte, teils gealterte Strecken des Karstes von Jamaika darstellen. Diese „Poljen“ Jamaikas sind natürlich nicht vergleichbar mit denen des Dinarischen Gebirges, denn es sind nach Daneš Korrosionspoljen.

³⁾ Im zentralen Teile des Goenoeng Sewoe stehen nach Daneš (Tijdschrift van het k. nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, 2. Ser., XXVII, 1910, S. 254) die recht niedrigen Cockpithügel auf einer gemeinsamen Unterlage. Hier scheint der Karst Javas sich bereits im Altersstadium zu befinden. Siehe auch Glasnik der serbischen geograph. Gesellschaft, II, S. 312. Auch der im Water Supply Paper Nr. 319 publizierte Kartenausschnitt des Williston Quadrangle aus Florida stellt anscheinend einen Karst im Altersstadium dar.

Versturz die Erdoberfläche erreicht, wird gewiß in allen Stadien des Karstzyklus eintreten können, weshalb diese Erscheinung nicht als charakteristisch für eine bestimmte Phase des Karstzyklus angesehen werden darf, sondern als eine zufällige Begleiterscheinung, womit auch die systematische Stellung der Einsturzdoline im Karstzyklus als einer zufälligen unmotivierten Oberflächenform gegeben ist. Aber gegen das Altersstadium wird das Einstürzen der Höhlen an Häufigkeit zunehmen müssen, weil mit der Annäherung der Oberfläche an den Grundwasserspiegel die Höhlendecken immer dünner werden müssen.

Durch diese Bloßlegung der Höhlenflüsse werden die ursprünglich auf die Uvalen eingeschränkten Bäche nach und nach zu größeren Flußsystemen zusammenwachsen, bis schließlich ein zusammenhängendes Flußnetz zwischen den Cockpithügeln entstanden ist. Die im Grundwasserspiegel dahinfließenden Bäche dürften wegen ihres geringen Gefälles wohl kaum zu bedeutenderen mechanischen Erosionsleistungen befähigt sein, sie dürften wohl hauptsächlich nur schwebenden Schlamm und chemisch gelöstes Material dem Lande entführen. Die Abtragung der Cockpithügel wird daher auch im Altersstadium Aufgabe der Korrosion bleiben, bis schließlich auch sie bis zum Grundwasserspiegel erniedrigt sind und damit die Rumpffläche, die Korrosionspeneplain erreicht ist.

Ist schon für den Erosionszyklus die außerordentliche Langsamkeit, mit der er abläuft, bezeichnend, so ist der Karstzyklus in seinem Verlauf noch viel langsamer. Dies kann man im Dinarischen Gebirge allenthalben dort sehen, wo Erosionslandschaften und Korrosionslandschaften aneinander grenzen. Stets ist hier die Erosionslandschaft in einem vorgeschrittenen Stadium der Entwicklung als die Karstlandschaft. Dies sieht man auch bei den allochthonen Flußtälern im Karst. Sawicki hat auf die Tatsache aufmerksam gemacht, daß die den Slovakischen Karst querenden Täler einen bemerkenswerten Gegensatz zwischen der reifen breiten Talsohle und den jugendlichen Gehängen aufweisen.¹⁾ Diese Diskordanz innerhalb der einzelnen Teile des Tales erklärt sich aus dem verschieden raschen Tempo des Erosions- und Korrosionszyklus, denn der erstere wirkt an der Ausgestaltung der Talsohle, letzterer dagegen an der der Talgehänge. Ersterer arbeitet rascher, während der letztere zurückbleibt.

Die Existenz allochthoner Täler stellt eine der Störungen des Karstzyklus dar, eine andere derselben haben wir bereits in Gestalt der Einsturzvorgänge unterirdischer Hohlräume kennen gelernt. Beide schaffen Formen, die nicht im Wesen des Korrosionsprozesses, soweit er die Oberfläche angreift, begründet sind. Eine dritte Art von Störungen des Zyklus wird durch tektonische Vorgänge, Hebung, Senkung und

¹⁾ Geographische Zeitschrift, 15 Bd., S. 188.

Einbrüche bewirkt. Diese drei Arten von Störungen schaffen Fremdformen, die sich mitten unter den Korrosionsformen entwickeln. Am verwandtesten mit den Korrosionsformen der Oberfläche sind noch die Einsturzformen, denn sie entstehen im Gefolge der Korrosionsarbeit in der Tiefe, welche daselbst Hohlräume entstehen läßt. Es sind also Folgeerscheinungen der Korrosion, wir können sie als indirekte Korrosionsformen den direkten zur Seite stellen. Sie stellen aber keinen notwendigen, sondern einen zufälligen akzessorischen Bestandteil im Formenschatz einer Karstlandschaft dar, auch durchläuft ihre Entwicklung nicht dieselben Phasen wie der Karstzyklus, jugendliche Einbruchsformen können in allen drei Stadien des Karstzyklus erscheinen. Sie können daher nicht zur Charakterisierung eines Stadiums des Karstzyklus verwandt werden. Indem wir so die Einsturzformen als Störungerscheinungen im Karstzyklus ausscheiden, erhalten wir auch für die Einsturzdoline im Halbkarst den systematischen Standpunkt. Sie gilt den Vertretern des geologischen Standpunktes in der Definition des Karstes als Karstform, während wir sie im Rahmen der geographischen Definition nur als Begleitform gelten lassen können.

Alle Einsturzvorgänge sind dadurch eine Störung des Karstzyklus, weil sie seinen Ablauf beschleunigen, indem sie die Oberfläche an einzelnen Stellen rascher gegen die Korrosionsbasis hin erniedrigen, als dies die Korrosionsprozesse der Erdoberfläche tun würden.

Dasselbe gilt auch von den allochthonen Flußtälern im Karst. Längs einer Linie erfolgt hier die Abtragung rascher als ringsum. Während der Karst noch im Jugendstadium steckt, kann das Flußtal schon den Grundwasserspiegel erreicht haben und in seiner Talsohle ausgereift sein, so daß der Fluß sich der Seitenerosion zuwenden kann. So wird sich die Entstehung einer Flußverebnungsfläche im Karst durch einen allochthonen Fluß viel rascher vollziehen, als die Entstehung der Korrosionspeneplain.

Es wird im Karst auf diese Weise schon zu Verebnungsvorgängen kommen können zu einer Zeit, wo die übrige Karstoberfläche noch weit entfernt ist vom Grundwasserniveau, weil der Erosionszyklus dem Korrosionszyklus vorausläuft¹⁾.

Die Störung durch tektonische Vorgänge betrifft die Dauer des Karstzyklus und kann sich in entgegengesetzter Weise geltend machen. Der Karstzyklus wird eine Verlängerung seiner Dauer erfahren, wenn das Land sich hebt, weil die Gesteinsmasse, die bis zum Grund-

¹⁾ Gerade diese Tatsache läßt sich im Dinarischen Gebirge sehr leicht erweisen. Ich verweise da vor allem auf meine früheren Ausführungen über die alten Verebnungsflächen der miozänen Flüsse und die zugehörige reife Cockpitlandschaft im unverebneten Karstgebiet, welche dartun, daß die Karstlandschaft im Jungtertiär um ein volles Stadium hinter dem fluviatilen Gebiet zurückgeblieben war.

wasserspiegel abgetragen werden soll, größer wird, dagegen wird er verkürzt, wenn das Land sich senkt. Und zwar wird von dieser Verlängerung oder Verkürzung vor allem das Reifestadium betroffen. Das Jugendstadium dürfte kaum nennenswert in seiner Dauer gestört werden, weil die Dauer der Zerstörung der Urform unabhängig ist von der Tiefenlage des Grundwasserniveaus und nur abhängt von der Dolinendichte. Wohl aber ist das Reifestadium betroffen, weil dieses durch den Zeitpunkt der Erreichung des Grundwasserniveaus durch die stärkst abgetragenen Teile der Oberfläche begrenzt ist¹⁾.

Bei Senkung des Landes ist ein Grenzfall gegeben, wenn das Grundwasserniveau die Sohle der tiefsten Dolinen erreicht. In diesem Falle tritt der Übergang der Karstlandschaft vom Reife- ins Altersstadium lokal verfrüht ein.

Wenn die Senkung noch stärker war, so daß die Karstoberfläche teilweise unter der Korrosionsbasis zu liegen kommt, dann kommt es zur Inundierung der tiefsten Korrosionsformen durch das Grundwasser. Solch eine Karstlandschaft ist vorzeitig ins Altersstadium versetzt. Die zu tief gelegenen Dolinen- und Uvalenböden sollten eigentlich durch Akkumulation bis zur Korrosionsbasis aufgebnet werden, weil sich aber die Akkumulation im Karst ebenso langsam vollzieht wie die Korrosion, so vertritt anfangs das Grundwasser die Aufebnung.

Diese allgemeinen Wirkungen von Hebung und Senkung gelten auch für den Fall lokaler Bewegung von Schollen besonders für die tektonischen Einbruchspoljen. Alle solchen Karstpoljen, die perennierende Überschwemmungen durch das Karstgrundwasser aufweisen, sind vorzeitig gealterte Teile der Karstoberfläche.

¹⁾ Eine durch Hebung verjüngte alte Karstlandschaft sind nach Daneš (Tijdschrift van het k. nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, 2. Ser., XXVII, 1910, S. 255) die küstennahen und randlichen Partien des Goenoeng Sewoe auf Java. Die Talungen zwischen den Cockpithügeln verwandeln sich hier in selbständige Wannens, es nimmt also die Zahl der Dolinen zu; die Ponore zeigen wiederbelebte Tätigkeit; frische Einsturzphänomene und Zerstörung der Lehmschichten in den Talungen sind weitere Beweise für diese Verjüngung der Landschaft, welche die zentralen Teile des Goenoeng Sewoe noch nicht erreicht hat. Siehe auch die Schilderung im Glasnik der serbischen geographischen Gesellschaft, II, S. 312.

Die geographische Verbreitung der Seefischerei in Nordeuropa

auf Grund der internationalen Seefischerei-Statistik.

Von Dr. Robert Engelhardt, Institut für Meereskunde, Berlin.

Der Zentralauschuß für internationale Meeresforschung gibt neben einer Reihe hydrographischer und biologischer Veröffentlichungen seit 1906 alljährlich auch ein „Bulletin statistique des Pêches maritimes des Pays du Nord de l'Europe“ heraus. Darin werden in Form von Tabellen die wichtigsten statistischen Ergebnisse für die Seefischereibetriebe der an der internationalen Meeresforschung beteiligten Länder (Belgien, Dänemark, Deutschland, Großbritannien, die Niederlande, Norwegen, Rußland, Schweden) zusammengestellt. Wenn man bedenkt, nach wie verschiedenen Maßeinheiten und Gesichtspunkten die Fischereistatistik in den einzelnen Ländern gehandhabt wird, dann leuchtet es ein, welche Summe von Arbeit solch eine Zusammenstellung erfordert. So ist es wohl auch zu erklären, daß diese Zusammenfassung immer erst geraume Zeit nach den Statistiken der Einzelländer herauskommt, so daß z. B. das letzte, Anfang 1914 erschienene Heft erst die Ergebnisse für das Jahr 1910 behandelt. Tatsächlich handelt es sich aber hier auch weniger um Daten von aktueller Bedeutung als um ein Material von bleibendem Wert für jeden, dem daran gelegen ist, die Seefischerei dieses großen Gebietes dem Umfang und der besonderen Natur nach überblicken zu können. Auch der Geograph kann in diesen Heften mancherlei finden für die Klärung der speziellen Probleme seiner Wissenschaft. Ist doch die Seefischerei in besonders hohem Maße bedingt durch natürliche, örtlich gebundene Verhältnisse und andererseits ein sehr beachtenswerter Faktor bei der kulturellen Differenzierung der Länder, von deren Bewohnern sie betrieben wird.

Was zunächst das allgemeinste Interesse haben dürfte, ist der Geldwert, den die Seefischerei in den verschiedenen Ländern darstellt; denn er gibt ungefähr ein Maß für die volkswirtschaftliche Bedeutung, die diesem Gewerbe in dem einzelnen Staatswesen zukommt. In der ersten Spalte der Tab. I ist für das Jahr 1910 der Ertragswert für die acht in Frage kommenden Länder und für Frankreich dargestellt. Hingewiesen sei nur auf die überragende Stellung von Großbritannien und Irland; ferner auf die große volkswirtschaftliche Bedeutung der norwegischen Seefischerei, die sich ergibt, wenn man die geringe Bevölkerungszahl von zwei Millionen

ZEITSCHRIFT
DER
GESELLSCHAFT FÜR ERDKUNDE
ZU BERLIN



HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAG DES VORSTANDES VON
DR. ALFRED MERZ.

1914.

MIT 1 TAFEL UND 64 ABBILDUNGEN.



BERLIN
ERNST SIEGFRIED MITTLER UND SOHN
KÖNIGLICHE HOFBUCHHANDLUNG
KOCHSTRASSE 68-71.