

48377

Über die Bildungsweise
der
„terra rossa“ des Karstes.

Von

Dr. E. Kramer

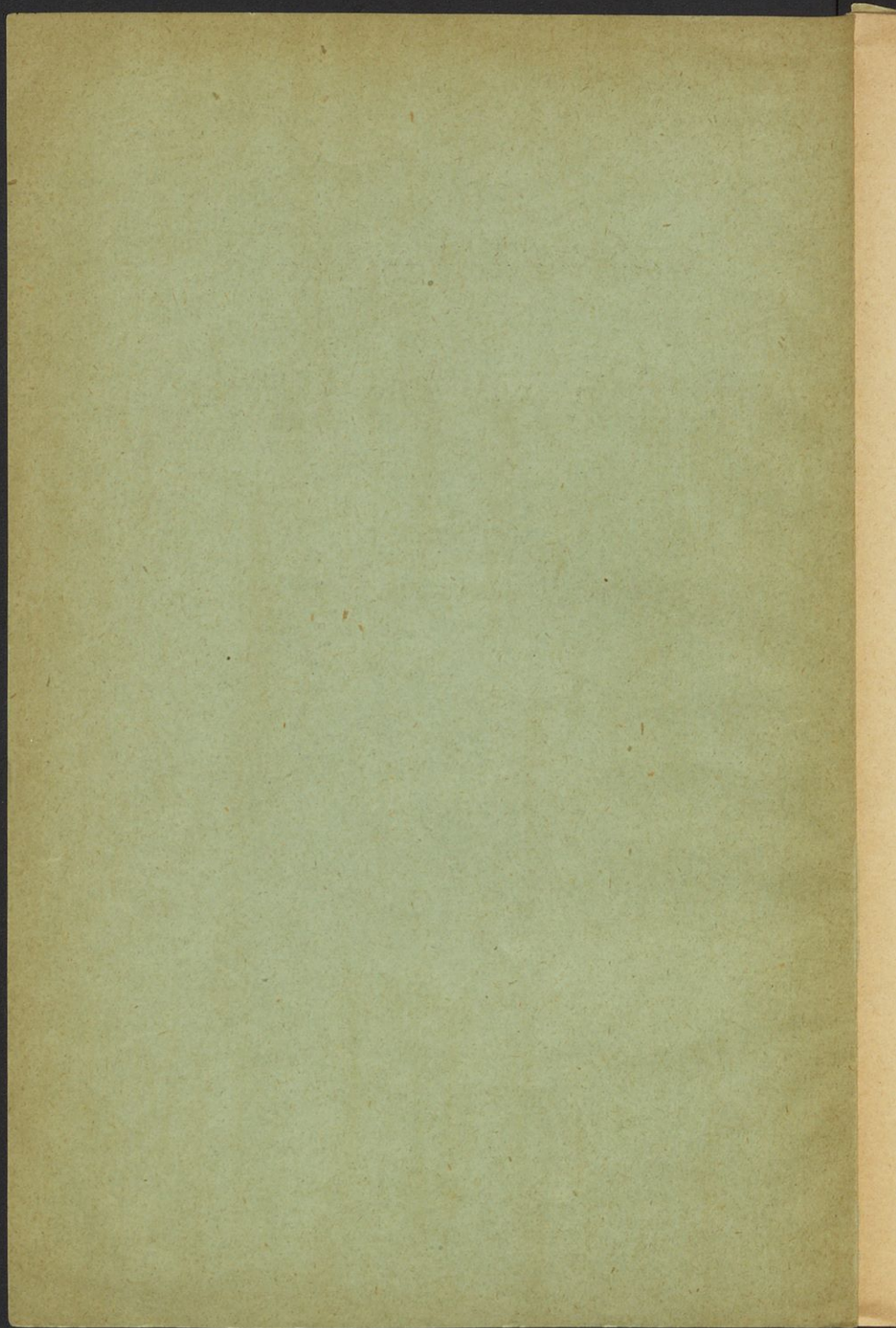
Director der landw.-chemischen Versuchsstation für Krain in Laibach.

Sonderabdruck aus den „Mittheilungen des Musealvereines für Krain“.

Laibach 1899.

Buehdruckerei Ig. v. Kleinmayr & Fed Bamberg.

Im Selbstverlage des Verfassers.



Über die Bildungsweise
der
„terra rossa“ des Karstes.

Von

Dr. E. Kramer

Director der landw.-chemischen Versuchsstation für Krain in Laibach.

Sonderabdruck aus den «Mittheilungen des Musealvereines für Krain».

Laibach 1899.

Buchdruckerei Ig. v. Kleinmayr & Fed. Bamberg.

Im Selbstverlage des Verfassers.

48377



In Innerkrain, in der Markgrafschaft Görz und Gradisca, im Territorium von Triest, in Dalmatien, Istrien und Kroatien, ferner in Bosnien und in der Hercegovina sowie in einigen anderen Balkanländern tritt mehr weniger reiner Kalk in großer Ausdehnung gebirgs- und plateaubildend auf. Diese Bildungen, die sich gegenüber der Vegetation ziemlich steril verhalten, nennt man den «Karst». Die Gebiete dieser Länder, in denen diese allgemein bekannte Formation weiter ausgebreitet ist, pflegt man Karstgebiete zu bezeichnen. In allen diesen Gebieten trifft man eine für den Karst sehr charakteristische Bildung, nämlich rothen Lehm mit hohem Eisengehalt an, den man allgemein «terra rossa» nennt.

Die «terra rossa» ist sowohl vom geologischen, als auch vom land- und forstwirtschaftlichen Standpunkte sehr interessant. Vom geologischen Standpunkte deshalb, weil ihre Bildungsweise noch durchaus ungenügend ergründet ist, vom land- und forstwirtschaftlichen, da sie in den meisten Karstgebieten die einzige culturfähige Bodenschicht bildet.

Ich habe in den letzteren Jahren eine Reihe von Untersuchungen über «terra rossa» ausgeführt und erlaube mir auf Grund derselben in der vorliegenden Arbeit zwei besonders wichtige Fragen zu besprechen, und zwar:

- a) Welche sind die gegenwärtigen Ansichten über die Entstehung, respective Bildungsweise der «terra rossa»?
- b) Wie hat sich die «terra rossa» gebildet, und in welcher Beziehung steht sie zu den Karstkalken?

Mit den Untersuchungen über die «terra rossa» haben sich bereits hervorragende Forscher beschäftigt. Es war ihnen hauptsächlich darum zu thun, ihre Bildungsweise zu ergründen und ihre Bildung einem enger begrenzten geologischen Zeitabschnitte zuzuweisen. Diese letztere Frage interessiert uns in der vorliegenden Arbeit weniger, daher erlaube ich mir nur zu bemerken, dass es gegenwärtig keinem Zweifel mehr unterliegt, dass der Beginn der Bildung der «terra rossa» in verschiedenen Gebieten zu sehr verschiedenen Zeiten stattgefunden hat und dass diese Bildung überall, wo wir sie in größeren Massen auftreten sehen, seit einer sehr langen Periode im Gange zu sein scheint; denn wir treffen sie geradeso in der Diluvialzeit an wie zur Zeit der Miocänfauna und anderer noch älterer geologischer Perioden.

Bezüglich der ersteren Frage, nämlich der Bildungsweise, sind die Geologen sehr divergierender Ansichten. Ich erlaube mir nur die wichtigsten derselben in aller Kürze anzuführen.

Zippe¹ macht auf den gegenwärtigen und einstigen Reichthum der Karstkalke an kohlenurem Eisenoxydul aufmerksam und glaubt, dass diese Verbindung durch Abgabe von Kohlensäure eine sehr starke Auflösung des Kalkes bedingte sowie gleichzeitig den Eisengehalt für die «terra rossa» und ihre Eisensteine abgab.

Lippold² spricht die Vermuthung aus, dass die rothen Diluviallehme in Unterkrain, zu denen er auch die rothen Karstlehme («terra rossa») rechnet, den «Gailthaler» oder «Werfener» Schichten entstammen dürften. Tietze³ hingegen meint, dass diese Annahme per analogiam schon aus dem

¹ Über die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Luegg u. s. w. Wien 1854, S. 214.

² Die eisensteinführenden Diluviallehme in Unterkrain. (Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt 1858, S. 251.)

³ Geologische Darstellung der Gegend von Karlstadt in Kroatien. (Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt, Wien 1873, S. 42.)

Grunde nicht anzuwenden sei, weil in den meisten Karstgebieten, mit sehr spärlichen Ausnahmen, die genannten Schichten an der Oberfläche fehlen.

Boue¹ spricht die Ansicht aus, dass bei der Bildung der vielen thonigen, eisenschüssigen Mergel («terra rossa») und der Bohnenerze «Säuerlinge» mitgewirkt hätten.

Da die «terra rossa» einerseits auch als eine Meeresbildung hingestellt wurde, glaubt sich Stache² zu dem Ausspruche berechtigt, dass dieselbe unmöglich als eine solche aufgefasst werden könne. Wenn Stache bei Pola ein Lager von recenten Meereskonchylien in der «terra rossa» vorgefunden hat, glaubt er doch, dass dieselbe in diesem Falle und in ähnlichen Fällen als auf secundärer Lagerstätte befindlich anzunehmen sei. Dieser Ansicht stimmt auch Tietze³ bei und sagt unter anderem: «Wäre die «terra rossa» ein mariner Absatz, so ließe sich nicht einsehen, warum dieselbe nur in den Kalkgebieten des Karstes erscheint und die zwar an Flächenraum unbedeutenderen, aber doch existierenden und niedrige Meereshöhen einnehmenden Sandsteingebiete vermeidet. Es ergibt sich hieraus, dass die Entstehung des rothen Lehmies mit dem Kalke selbst in irgend einem Zusammenhange stehen muss. Der Zusammenhang der «terra rossa» mit Kalksteinen, meint Tietze, lässt sich auch durch Analogien unterstützen, denn es fand z. B. Fötterle die Kreidekalke Bulgariens mit rother Erde überlagert und Suess im zerklüfteten Kalkgebiete des Dachsteins dunkelrothen Lehm in Verbindung mit Bohnenerzen u. s. w.

Neumayr⁴ meint, dass der stete Zusammenhang von Kalken und «terra rossa» seit langem zu der Anschauung

¹ Über Karst- und Trichterplastik. Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften in Wien 1861, S. 291.

² Verhandlungen der geologischen Reichsanstalt Wien 1872, S. 217 und 221.

³ Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt Wien 1873, S. 41.

⁴ Verhandlungen der geologischen Reichsanstalt, 1875, S. 50.

geführt hat, welche auch er vertritt, dass nämlich das Auftreten der letzteren durch das Vorhandensein der ersteren bedingt und dass dieselbe der letzte unlösliche Rückstand bei der Auflösung der Karstkalke durch die Atmosphärien sei. Neumayr hat reinen schneeweißen Kalk von der Insel Cherso in Essigsäure aufgelöst, der unlösliche Rückstand betrug nur 0·044 Procent rothes Silicat, in welchem circa 20 Procent Eisenoxyd enthalten waren. Bis jetzt, sagt Neumayr, war unerklärt die Quelle, aus welcher alle diese Kalke ihr Silicat und den rothen Thon mit starkem Gehalt an Eisenoxyd erhalten haben. Derselbe ist der Ansicht, dass die Mehrzahl aller Kalke nichts anderes als erhärteter und veränderter Foraminiferenschlamm sei. Damit wäre der Ursprung der «terra rossa» gegeben; denn es braucht sonach dieser compacte Kalk nur im kohlenensäurehaltigen Wasser gelöst zu werden, wobei der rothe Thon («terra rossa») ausfällt.

Fuchs¹ erklärt sich mit der eben angeführten Ansicht Neumayrs nicht einverstanden; denn dieser bringt die Bildung der «terra rossa» nur mit solchen Kalken in Verbindung, die sich als Meeresbildungen erwiesen haben. Fuchs weist sehr richtig darauf hin, dass es für die Bildung der «terra rossa» gleichgiltig ist, ob die Kalke Meeres- oder Süßwasserkalke, ob sie thierischen oder, wie die Nulliporenkalke, pflanzlichen Ursprunges sind. Aus dieser Thatsache schließt Fuchs, dass die «terra rossa» nicht aus Globigerinenschlamm hervorgeht, sondern dass vielmehr alle Kalkabsätze in geringer Menge Thon und Eisenverbindungen enthalten und durch Auflösung einen Rückstand von eisenschüssigem Thon zurücklassen.

Nachdem nun in den nördlichen Kalkalpen, den Silurkalken Böhmens, den Kalken von Belgien, Frankreich u. s. w. die «terra rossa» nicht vorkommt, ja selbst auf Nulliporenkalken nicht, glaubt Fuchs, dass die Bildung derselben durch

¹ Verhandlungen der geolog. Reichsanstalt. Wien 1875, S. 194.

klimatische Verhältnisse bedingt ist und sich dieselbe nur dort zeigt, wo sich ein trockenes Klima und dadurch bedingter spärlicher Pflanzenwuchs findet, während sie nicht auftreten kann, wo ein feuchtes Klima, reicher Pflanzenwuchs und eine durch beide bewirkte größere Anhäufung humoser Substanzen vorhanden ist.

Wenn wir nun mit Neumayr annehmen würden, die Karstkalke wären Globigerinenschlamm, so ist hierdurch die Frage der Bildung der «terra rossa» noch durchaus nicht gelöst; denn der Hauptbestandtheil der «terra rossa» ist eisenhaltiger Thon, und es frägt sich, wie dieser in den Kalk gekommen ist. Neumayr¹ schreibt die Beimischung von eisenhaltigem Thon einfach gefallenem Meteorstaub zu, welcher sich mit dem Globigerinenschlamm vermischt hätte.

Lorenz,² welchem das Verdienst gebührt, die ersten umfassenden Studien zu dieser Frage veröffentlicht zu haben, vertritt die Ansicht, die Karstkalke, sowohl die Trias- wie Rudistenkalke, enthalten in Adern und Nestern des anstehenden Gesteins durch und durch viel rothhocherige Thonerde. Bei den von Lorenz veranlassten Analysen zeigten Stücke des ersteren rund 2 bis 23 Procent, solche des letzteren 6 bis 13 Procent jenes rothen Übergemengtheiles im Gesteine vertheilt. Daraus schließt Lorenz, dass die «terra rossa» aus dem Karstkalke selbst hervorgehe. Was die Frage anbelangt, wie man sich den inneren Gehalt des Kalkes an rother Erde erklären solle, verweist Lorenz auf die oben angedeuteten Ausführungen Neumayrs.

Dies sind nun die hauptsächlichsten Ansichten, welche bisher über die Entstehungsweise der «terra rossa» aufgestellt worden sind. Wenn wir zu dem Gesagten noch beifügen,

¹ Neumayr, Erdgeschichte, I. Band, 1886, S. 406.

² Bericht über die Bedingungen der Aufforstung und Cultivierung des kroatischen Karstgebietes, in den Mittheilungen der k. k. geogr. Gesellschaft, IV. Jahrgang, Wien 1860.

dass man nach Tietze¹ die Bildung der «terra rossa» sogar mit eruptiven Erscheinungen in Verbindung zu bringen versuchte, dann ist es ersichtlich, wie mannigfach divergierende und widersprechende Theorien über diesen Gegenstand aufgestellt worden sind.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Frage der Bildungsweise der «terra rossa» noch durchaus nicht gelöst erscheint. Weil mich keine der oben aufgestellten Theorien befriedigte, stellte ich über diesen Gegenstand eine Reihe von Untersuchungen an. Bevor ich jedoch auf die Besprechung derselben übergehe, erachte ich es für zweckmäßig, Folgendes vorzuschicken.

In allen Karstgebieten herrscht bekanntlich durchwegs der Kalk vor; es liegt somit nahe, dass die «terra rossa» in irgendwelchen Beziehungen zu diesen Kalken stehen müsse. Daraus ergibt sich die Nothwendigkeit, vorerst diese Kalke anzuführen und sie, insoweit als es zum besseren Verständnisse dieser Arbeit erforderlich erscheint, zu charakterisieren.

Die wichtigsten Kalke, die an den Karstbildungen theilnehmen, sind folgende:

1.) Die **Triaskalke**. Dieselben gehören entweder der unteren oder der oberen Triasformation an. Die untere Triasformation ist in den Karstgebieten aus «Werfener» Schichten gebildet. Die Kalke dieser Schichten sind zumeist grau, dunkelgrau bis schwarz, sehr oft auch ockerig. Zumeist zeichnen sie sich durch einen größeren Thongehalt aus und sind relativ leicht verwitterbar und daher einigermassen bodenbildend. Da jedoch diese Kalke am Karste an der Oberfläche nur in geringer Ausdehnung vorkommen, nehmen sie an der Karstbildung nur geringen Antheil. Wo sie jedoch vorkommen, sind sie der Bodenkultur sehr günstig.

¹ Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt, 1873, S. 42.

Die Kalke der oberen Trias bestehen zuweilen aus körnigem Dolomit, welcher mit splittiger Kalke wechselt. Außerdem finden wir im oberen Trias auch regelmäßig geschichtete, dunkelgraue bis schwarze, mit rothen thonigen Adern durchzogene Kalke. Alle diese Kalke sind reiner als die «Werfener» Schichten, daher auch weniger verwitterbar und in geringerem Maße bodenbildend.

2.) Die **Jurakalke**. Die Juraformation ist in den Karstgebieten bisher nur an wenigen mehr oder weniger isolierten Stellen ausgeschieden worden. Diese Kalke sind zumeist dicht und grauschwarz oder auch splittig und etwas dolomitisch. Wegen ihrer geringen Verbreitung sind sie in Betreff der Verkarstung von keiner größeren Bedeutung.

3.) Die **Kreidekalke**.¹ Nach Stache unterscheidet man in der Kreideformation des Karstgebietes folgende Kalke und zwar:

Caprotinenkalke. Dieselben sind von rauchgrauer, oft auch hellgrauer Farbe, meist dick geschichtet, splittig brechend und stehen oft mit sandigen Dolomiten in Verbindung. Der Caprotinenkalk ist nach Stache das tiefste Glied der Kreideformation des Karstes. Sonst sind diese Kalke ziemlich rein, zähe, dicht und nahezu gar nicht verwitterbar.

Die **Rudistenkalke** charakterisieren die obere Kreide im ganzen Karste und stellen sehr reine Kalke dar, welche von Fossilien nur Rudisten enthalten, und zwar in den unteren Schichten Radioliten, in den oberen Hippuriten.

Der **Radiolitenkalk** ist in den unteren Schichten dunkel gefärbt und mit bräunlichen Dolomiten vermengt. Nach oben nehmen die Dolomiten ab, und die Kalke werden lichter und reiner. Der Radiolitenkalk verwittert nahezu gar nicht.

¹ Zu den Kreidekalken rechnet man auch den sogenannten Fischschiefer von Komen; das sind dunkle, bituminöse Plattenkalke. Sie treten nur local auf, sind daher für unsere Zwecke belanglos.

Der Hippuritenkalk ist ein vorwiegend sehr reiner, hell gefärbter Kalkstein, der nahezu gar nicht verwittert.

Die Rudistenkalke, in Verbindung mit den Caprotinen- und Nummulitenkalken, setzen den größten Theil der sterilsten Gebirge und Plateaux des Karstes zusammen.

4.) Die **eocänen Kalke**. Die wichtigsten davon sind:

Die Kosinakalke, zumeist bräunlich oder gelblich gefärbt und schwer verwitterbar, vermitteln den Übergang der oberen Kreideformation zu den tiefsten Eocänschichten. In Istrien, den quarnerischen Inseln und in Dalmatien haben sie eine größere Verbreitung.

Die Foraminiferenkalke, meist hellgrau gefärbt, sind gleichfalls wenig verwitterbar. Sie wechsellagern zumeist mit den Kosinakalken. Ihre oberflächliche Verbreitung ist eine verhältnismäßig geringe.

Die Nummulitenkalke unterscheidet man in untere Nummulitenkalke und in den Hauptnummulitenkalk, welcher letzterer am Karste die größte Mächtigkeit erreicht und allgemein verbreitet ist. Derselbe ist gewöhnlich weiß oder gelblich gefärbt, hart, spröde und nahezu unverwitterbar.

Die Kalke des oberen Eocäns haben eine geringere Verbreitung und sind, wo sie auftreten, mehr weniger mergelig, während reine Kalke selten sind. Die ersteren zerfallen durch Verwitterung leicht.

An diese Kalke anschließend, wären noch zwei eocäne Bildungen zu erwähnen, denen für den Karst aus dem Grunde große Wichtigkeit zukommt, weil sie durch außerordentlich leichte Verwitterung als die einzigen wirklich bodenbildenden Gesteine des Karstes aufzufassen sind. Dies sind eben die kalkigen Mergel und Mergelschiefer und dann der sogenannte «Tassello» oder der Nummulitensandstein.

Es fragt sich nun: Steht die Bildung der «terra rossa» mit diesen Kalken in irgendwelchem Zusammenhang, und wie kann man sich ihre Entstehung vorstellen?

Ich habe schon im Eingange bemerkt, man sei fast allgemein der Ansicht, dass die Bildung der «terra rossa» in irgendeinem Zusammenhange mit den Karstkalken stehen müsse. Neumayr und Lorenz, wie erwähnt wurde, meinen, dass dieselbe der letzte unlösliche Rückstand bei der Auflösung der Karstkalke durch Atmosphärlilien sei. Es wäre somit die «terra rossa» ein Verwitterungs-, Auswaschungs- und Auflösungsproduct der Karstkalke.

Es war mir bei meinen Untersuchungen vor allem darum zu thun, zu ermitteln, ob die «terra rossa» mit den Karstkalken in irgendwelchem Zusammenhange stehe. Ich stellte darüber eine Reihe von Untersuchungen an und unterzog eine größere Anzahl charakteristischer Karstkalke einer chemischen Analyse. Die Ausführung von solchen Analysen schien mir unbedingt nothwendig; denn ohne die chemische Natur der Karstkalke zu kennen, lässt sich über deren Verwitterungsfähigkeit, Bodenbildung u. s. w. nur wenig Bestimmtes sagen.

In der folgenden Tabelle (S. 12) erlaube ich mir die Resultate dieser Analysen niederzulegen. Die ersten vierzehn Kalkuntersuchungen sind Resultate meiner Arbeit, die weiteren fünf hingegen hat Dr. Reitlechner seinerzeit unter der Ägide v. Lorenz' ausgeführt; ich hielt es jedoch für nöthig, dieselben hier beizufügen.

Aus diesen Analysen dürfte ersichtlich sein, dass die mannigfachen, den verschiedenen Formationen angehörigen und in den verschiedenen Karstgegenden gesammelten Kalke in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht stark divergieren. Sie bestehen nahezu ausschließlich aus kohlen-saurem Kalk mit etwas kohlensaurer Magnesia und aus einer geringen Menge von anderen Substanzen, als Kieselsäure, Eisenoxyd und Thonerde. In den von mir ausgeführten Analysen (Nr. I bis XIV) variiert der Gehalt an den letzteren Substanzen zwischen 0·66 und 2·59 Procent, während der

Nr.	Nähere Bezeichnung des Kalkes	Probenahme-Ort	Unlöslich in Salz- und Salpetersäure. Procent	Löslich in Salz- u. Salpetersäure. Procent					
				Kiesel-säure	Eisenoxyd u. Thonerde	Magnesia-Carbonat	Calcium-Carbonat	Calcium- u. Magnesia-Carbonat	Andere Bestandtheile
I.	Grauer, etwas dolomitischer Kalk	Gospic (Kroatien)	0.81	0.50	0.85	2.16	95.68	97.84	2.16
II.	»	Zengg	0.98	0.45	0.97	3.00	94.60	97.60	2.40
III.	»	Istren	0.72	0.39	0.78	1.92	96.19	98.11	1.89
IV.	Dunkelgrauer, spröder, etwas dolomitischer Jurakalk.	Ogulin	1.05	0.62	0.92	2.60	94.81	97.41	2.59
V.	Weißer Caprotinenkalk.	Kroat. Küstenland	0.38	0.45	0.72	1.20	97.25	98.45	1.25
VI.	» Radiolitenkalk.	Dalmatien	0.18	0.23	0.25	Spuren	99.34	99.34	0.66
VII.	» Hippuritkalk	»	0.32	0.20	0.42	»	99.06	99.06	0.94
VIII.	»	»	0.41	0.18	0.39	»	99.02	99.02	0.98
IX.	»	»	0.26	0.15	0.32	»	99.27	99.27	0.73
X.	Spröder, gelblich gefärbter Kossinakalk	Fiume	0.82	0.32	0.73	1.50	96.63	97.13	1.87
XI.	Foraminiferkalk	Novi	0.72	0.49	0.51	0.62	97.66	98.28	1.72
XII.	Weißer Nummulitenkalk	»	0.36	0.13	0.29	0.20	99.02	99.22	0.78
XIII.	»	»	0.40	0.14	0.32	0.42	98.71	99.13	0.87
XIV.	»	Vinodol	0.39	0.19	0.39	Spuren	99.03	99.03	0.97
XV.	Gewöhnlicher, spröder Triaskalk mit thonigen Adern	Kroatischer Karst	0.57	0.42	0.90	»	98.11	98.11	1.89
XVI.	Etwas dolomitischer, gelblicher Triaskalk	»	0.37	0.20	0.57	2.14	98.01	98.15	1.14
XVII.	Triaskalk mit vielen thonigen Adern durchzogen	»	18.21	0.05	4.41	—	74.05	74.05	23.77
XVIII.	Weißer Kreidkalk ohne Adern	»	1.06	—	5.16	1.57	91.23	92.80	6.22
XIX.	Stark eisenschüssiger Kalk	»	7.05	0.45	5.84	Spuren	86.36	86.36	13.34

größte Theil, das ist 99·34 bis 97·41 Procent auf kohlen-sauren Kalk und kohlen-saure Magnesia entfällt. Von den fünf auf v. Lorenz' Veranlassung durch Reitlechner¹ (Nr. XV bis XIX) untersuchten Kalken enthalten nur die beiden ersteren einen geringeren Gehalt (1·14 bis 1·89 Procent) von ander-weitigen Beimengungen, während die drei letzteren Kalke bedeutend größere Mengen (6·22 bis 23·77 Procent) von Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd aufweisen, was jedoch auf den Umstand zurückzuführen ist, dass dieselben, wie Reitlechner selbst angegeben hat, stark mit Adern von rother Thonerde durchsetzt waren. Solche Kalke kommen jedoch auf dem Karste nur isoliert vor, und kann daher dieser hohe Gehalt der Kalke an rothem Thon bei weitem nicht verall-gemeinert werden. Denn ein Kalkstein, der 23 Procent thonige Substanzen (und wenn auch etwas weniger) enthält, kann thatsächlich verwittern und dabei eine nicht unbeträchtliche Menge thonigen, mit Kalksplittern untermischten Bodens zurücklassen. Würden solche Kalke am Karste wirklich stark verbreitet sein, dann sähe der Karst gewiss anders aus und wiese vielleicht keine gänzlich sterilen Flächen auf; denn die Kalke würden sich bald infolge der Verwitterung mit einer mehr weniger mächtigen thonigen, mit Kalksplittern durch-setzten Erdschichte bedecken, was auch überall geschieht, wo solche Kalke auftreten.

Im allgemeinen kann angenommen werden, was auch aus den Analysen ersichtlich ist, dass jene Kalke, welche am Karste oberflächlich am meisten verbreitet sind (und dazu gehören die Kalke der oberen Trias, die Rudisten- und Caprotinenkalke, sowie die Kalke der Kosinaschichten und die Nummulitenkalke, welche alle eben die sterilen Plateaux

¹ Bericht über die Bedingungen der Aufforstung des kroatischen Karstgebirges. Mittheilungen der geographischen Gesellschaft in Wien. Im Auftrage der k. k. kroatisch-slavonischen Statthalterei verfasst von Dr. J. R. Lorenz. IV. Band, I. Heft, S. 97.

und Gebirge des Karstes zusammensetzen) höchstens 2·5 Procent und durchschnittlich circa 1 Procent thoniger Substanzen enthalten, welcher Gehalt an diesen Substanzen, wie aus einer von Neumayr ausgeführten Analyse hervorgeht, selbst auf 0·004 Procent und weniger sinken kann. Hierbei sei bemerkt, dass in diesem Thonerdegehalt auch jener der Kieselsäure mit inbegriffen ist, wodurch sich der eigentliche Gehalt an Thonerde noch beträchtlich vermindert.

Wie vorher bereits gesagt wurde, hat unter allen Theorien über die Bildung der «terra rossa» jene von Neumayr die meisten Anhänger gefunden. Nach Neumayr bildet sich die «terra rossa» einfach durch Auflösung der kohlen-sauren Kalke mit kohlen-säurehaltigem, atmosphärischem Wasser, wobei die in demselben enthaltenen thonigen Beimengungen ungelöst zurückbleiben, was eben die «terra rossa» sein soll. Dies schließt Neumayr daraus, dass die Karstkalke, wenn sie mit Säuren behandelt werden, einen thonigen Rückstand übrig lassen.

Diese Anschauung Neumayrs ist meiner Ansicht nach nicht ganz richtig. Es ist zwar eine unbestreitbare Thatsache, dass, wenn man einen Karstkalk in Säuren auflöst, ein thoniger Rückstand zurückbleibt. Dieser Rückstand ist jedoch bei jenen Kalken, welche die sterilen Karstplateaux und -Gebirge zusammensetzen, wie aus den vorher angeführten Analysen ersichtlich, ein sehr geringer. Aber ganz anders verhält sich diese Auflösung in Wirklichkeit; denn in der Natur werden die Karstkalke nicht von concentrirter oder verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure usw. gelöst, sondern durch atmosphärisches Wasser, welches ja nur sehr geringe Mengen Kohlen-säure enthält. Dass aber eine solche Lösung zustande kommt, sind außerordentlich große Mengen Wasser nothwendig; denn schon um 1 g kohlen-sauren Kalkes in Wasser aufzulösen, benöthigt man gewiss einige Liter atmosphärischen Wassers,

wobei noch der Kalk fein gepulvert sein muss. Sollen nun ganze Kalkstücke in Lösung gebracht werden, dann ist es begreiflich, dass hiezu riesige Wassermengen erforderlich sind. Nehmen wir an, wir würden zur Lösung von 1 kg Kalk 100 l Wasser benöthigen und in diesem Kalke wären 1·5 Procent, somit in einem Kilogramm 15 gr anderer Substanzen, als: Thonerde, Eisenoxyd und Kieselerde, enthalten. Brächten wir diesen kohlsauren Kalk in dem genannten Quantum Wasser zur Lösung, so fragt es sich: Würde dann tatsächlich ein Rückstand zurückbleiben?

Man könnte mit Bestimmtheit behaupten: keiner! Denn Eisenoxyd, Kieselsäure und Thonerde sind im Wasser nicht absolut unlöslich, sondern werden von demselben in geringer Menge gelöst. Wenn wir 15 g der genannten Substanzen angenommen in 1000 l Wasser bringen, dann dürften sich dieselben nach längerer Zeit zweifelsohne in demselben lösen, und wir würden sodann ein Wasser erhalten, welches an Thonerde, Kieselsäure und Eisenoxyd zusammengenommen 0·0015 Procent, also eine Menge an diesen Substanzen enthielte, welche in jedem Quellwasser in bedeutend größerer Quantität anzutreffen ist. Dass so geringe Mengen dieser Substanzen in Wasser löslich sind, unterliegt keinem Zweifel.

Da jedoch zur Lösung ganzer Kalkstücke noch bedeutend größere Quantitäten an Wasser nöthig sind, so ist es leicht begreiflich, dass selbst Kalke, welche mehr als 1·5 Procent thoniger Substanzen enthalten, kaum einen Rückstand zurücklassen und somit keine «terra rossa» bilden können. Und sollte wirklich eine geringe Menge dieser Substanzen als Rückstand übrig bleiben, dann ist die Folge noch keineswegs die, dass dieselben als «terra rossa» ohneweiters abgelagert werden, sondern es muss auch der Umstand in Betracht gezogen werden, dass so geringe Mengen thoniger Substanzen, sobald sie aus dem Gestein ausgeschieden, durch die riesigen Mengen meteorischen Wassers abgeschwemmt

werden. Daraus dürfte ersichtlich sein, dass die Neumayr'sche Theorie über die Bildung der «terra rossa» nicht stichhältig erscheint.

Auch die bereits angeführte Theorie von Lorenz, nach welcher die Kalksteine 22 bis 23 Procent thoniger Substanzen enthalten sollen und somit die «terra rossa» nur als ein Product des Zerfalles und der Auswaschung thoniger Substanzen aus denselben zu betrachten wäre, kann uns schon aus dem Grunde nicht befriedigen, da ja die Kalke, die stark mit thonigen Adern durchzogen sind, sich somit durch einen hohen Gehalt thoniger Substanzen auszeichnen, auf dem Karste nur isoliert vorkommen, und wir die «terra rossa» in demselben Maße auch überall dort vorfinden, wo die Kalke keine rothen thonigen Adern zeigen und dieselben überhaupt die minimalsten Mengen thoniger Substanzen enthalten.

Man ersieht daraus, dass diese beiden Theorien über die Bildung der «terra rossa», die bis jetzt noch als die stichhältigsten hingestellt worden sind, uns durchaus nicht befriedigen können. Nachdem ich durch die ausgeführten Analysen der Karstkalke den Beweis erbracht zu haben glaube, dass die «terra rossa» in keinem Zusammenhange mit den Karstkalken stehe, war ich bemüht, auf Grund von an Ort und Stelle gemachten Studien für die Bildung der «terra rossa» eine stichhältigere Erklärung aufzustellen.

Meine Ansicht über die Bildung der «terra rossa», die ich mir hier in der gedrängtesten Kürze anzuführen erlaube, wäre nun folgende:

Es unterliegt keinem Zweifel, dass der Karst in den früheren geologischen Perioden, und dies insbesondere zur Eocän- und Miocänzeit und auch später, ganz anders ausgesehen haben musste als jetzt; denn es kann mit Bestimmtheit angenommen werden, dass die gegenwärtig zutage tretenden Karstkalke zu jener Zeit durch mächtige Schichten mergeliger,

thoniger und sandsteinartiger Gebilde bedeckt waren. Erst späterhin, als es in den verschiedenen Schichten zu Störungen und somit zur Bildung von Gebirgen, Thälern und Plateaux gekommen ist, begann die Abwaschung und Abschwemmung dieser weichen Gebilde, und so traten die darunter liegenden Kalke nach und nach zutage. Dass es thatsächlich so gewesen sein musste, ersieht man daraus, dass auch jetzt überall dort, wo sich Mulden gebildet haben und wo somit eine Abwaschung und Abschwemmung der weichen Gebilde vor sich nicht gehen konnte, die Karstkalke noch mit mächtigen Ablagerungen von mergeligen und sandigen Eocängebilden überdeckt sind. Den besten Beweis hierfür liefern uns beispielsweise das Eocänterrain der Poik und des Wippachthales sowie die Rekamulde in Krain, ferner das Spalenthal von Buccari, die Eocängebilde Istriens und der quarnerischen Inseln. Diese tertiären lehmigen Gebilde sind an manchen Stellen des Karstes nahezu ganz abgewaschen und abgeschwemmt worden, während an anderen größere oder geringere Mengen derselben zurückgeblieben sind. Ich glaube, dass die meisten Karstlehme, mögen dieselben gelb, braun, blau oder roth gefärbt, mehr oder weniger sandig sein, mögen sie die Karstkalke in stärkeren oder auch ganz dünnen Schichten überlagern, nur als die letzten Überreste der tertiären lehmigen und lehmigsandigen Gebilde und nicht etwa als die Verwitterungsproducte der Karstkalke aufzufassen sind.

Auch die Configuration des Karstes musste damals eine ganz andere gewesen sein als jetzt. Das Gebiet des jetzigen Karstes stellte damals ganz gewiss große, feuchte und auch sumpfige Ebenen und Mulden mit einer außerordentlich üppigen Vegetation dar. Den besten und unwiderlegbaren Beweis hierfür liefert uns das massenhafte Vorkommen fossiler Knochen und Skelette tertiärer Pflanzenfresser, vornehmlich von Pferden, Rindern, Tapiren und anderen Sümpfe bewohnenden riesigen Thieren. Die fossilen Reste dieser Thiere werden am Karste

überall in den Höhlen in großen Massen angetroffen. Das Auftreten dieser mächtigen Pflanzenfresser in der damaligen Periode kann jedoch nur dadurch erklärt werden, dass der Karst zu jener Zeit nicht etwa einen bewaldeten, sonst aber steinigen und mehr weniger trockenen Boden darstellte, sondern dass auf demselben üppige Wiesen und ausgedehnte Sümpfe vorhanden sein mussten. Ein üppiger Graswuchs setzt aber selbstverständlich thonige, lehmige und mergelige Böden voraus. Dass es zu jener Zeit thatsächlich so gewesen sein musste, können wir noch heutzutage in einigen Karstgebieten beobachten; denn wir finden, wie schon früher mit Angabe mehrerer Orte bemerkt, noch in verschiedenen Thälern und Mulden die Karstkalke mit mächtigen Schichten von eocänen Mergeln, Lehmen und Sandsteinen überdeckt.

Die Entstehung der «terra rossa» aus den genannten tertiären Lehmen wäre sonach wie folgt zu erklären: Sobald sich im Karstkalke Klüfte, Spalten, Trichter, Mulden u. s. w. gebildet hatten, sind diese Lehme durch meteorisches Wasser von den umliegenden Abhängen abgeschwemmt und in jenen abgelagert worden. Hier erlitten sie in erster Linie einen durchgreifenden Schlemmprocess. Die beigemengten kleineren Stücke von festem Gestein setzten sich nach ihrer specifischen Schwere zuerst ab und über dieselben die leichteren Thontheilchen, welche nach und nach eine compacte thonige Masse bildeten. Die kleineren beigemengten Stücke von kohlen-saurem Kalk und vielleicht auch kleinere Mengen von Quarzsand, welche etwa noch in diesem geschlemmten Thone vorhanden gewesen sein dürften, mussten in den außerordentlich langen Zeiträumen nach und nach aufgelöst und ausgewaschen werden, so dass schließlich nichts anderes als eine eisen-schüssige, compacte, thonige Masse zurückblieb. Die Rothfärbung dieses Thones dürfte nicht schwer zu erklären sein; denn es brauchten nur die niederen Sauerstoffverbindungen des Eisens, die vorher eine Gelb-, Braun- oder Graufärbung

des Thones veranlasst hatten, zu Eisenoxyd oxydiert zu werden. Dies geschieht jedoch überall dort mehr weniger leicht, wo ein eisenhaltiger Thon mit atmosphärischem Sauerstoff in Berührung kommt. Diese Bedingungen sind aber selten irgendwo besser ausgebildet, als gerade am Karste, was aus dem nachstehend Angeführten ersichtlich sein dürfte:

Die lehmigen, am Kalke lagernden Schichten sind nahezu überall mehr weniger dünn, daher in ihrer ganzen Schichte umso leichter der Luft zugänglich, als die schwache und humusarme, die Lehme bedeckende Vegetationsschichte dem Luftzutritte kaum hinderlich ist. Die Oberfläche der Karstkalke ist weiters durch zahlreiche größere und kleinere Öffnungen und Sprünge mit den unterirdischen Höhlungen verbunden. Die genannten Lehme liegen sonach auf dem Karstkalke, wie etwa auf einem Sieb, und es kann die Luft der unterirdischen Höhlen mit der oberirdischen durch die Thonschichten zweifelsohne sehr leicht communicieren. Anderntheils kann das meteorische Wasser ungehindert diese Schichten passieren, wobei wieder selbstverständlich jedem durchsickerten Wasservolumen ein gleiches Volumen Luft nachfolgen muss. Bei diesem außerordentlich erleichterten Luftzutritte muss nun die Oxydation der Eisenverbindungen besonders begünstigt werden.

Wo diese Bedingungen vorhanden sind, kann nach und nach fast jeder gelb oder braun gefärbte eisenhaltige Thon oder Lehm in einen mehr weniger rothgefärbten, der «terra rossa» ähnlichen umgewandelt werden. Es ist eine bekannte Thatsache, dass, wenn man einen gelb, braun oder grau gefärbten Thon oder Lehm in einem Porcellantiegel nur schwach erwärmt, derselbe an der Oberfläche, wo er leicht mit der Luft in Berührung kommt, schon in der kürzesten Zeit roth gefärbt wird. Je eisenhaltiger derselbe ist, eine desto dunklere rothe Farbe nimmt er an. Wenn solche Oxydationsvorgänge bei schwachem Erwärmen in einigen

Minuten vor sich gehen, warum sollte dies nicht bei einer niedrigeren Temperatur in unermesslichen Zeiträumen geschehen können?

Überhaupt kann man ähnliche Erscheinungen auf vielen Äckern studieren. Wenn man einen lehmigen oder thonigen, mehr weniger eisenhaltigen, noch nicht bearbeiteten Boden mit Wasser nichtdurchlassendem Untergrunde durch Ackerung oberflächlich lockert und dadurch den oberen Schichten freien Luftzutritt eröffnet, so nehmen die letzten im Laufe einiger Jahre schon eine röthlichere Farbe an, so dass die bearbeitete Schichte von den darunter liegenden Schichten deutlich absticht.

Auf Grund der angeführten Untersuchungen gelange ich zu dem Resultate, dass die «terra rossa» nichts anderes ist, als die in Trichtern, Klüften, Spalten, Mulden u. s. w. durch meteorisches Wasser zusammengeschwemmten und zweifelsohne zu wiederholtenmalen Schlemmprocessen unterzogenen lehmigen und thonigen Überreste tertiärer Lehme, Thone und Mergel, deren geringerer oder höherer Gehalt an Eisenverbindungen umso leichter in rothes Eisenoxyd überführt werden konnte, als bei der Beschaffenheit des Karstes der freie Zutritt der Luft zu den Lehmen und Thonen außerordentlich begünstigt wird.



