© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Ueber die Einflüsse von äolischer Zufuhr auf die Bodenbildung.

(Mit besonderer Berücksichtigung der Roterde.)

Von Dr. **Wilh. Graf zu Leiningen**
k. k. Hochschulprofessor, Wien.

(Die Zahlen im Texte beziehen sich auf das Literaturverzeichnis.)

Daß bewegte Luft, Windströmungen, auch in geologischer Beziehung eine starke und vielseitige Wirkung ausüben, ist eine seit langem bekannte, aber in mancher Beziehung unterschätzte Tatsache.

Alle Veränderungen besprechen, welche durch Luftströme an der Erdoberfläche hervorgebracht werden, ist nicht der Zweck dieser Abhandlung, es sei mir daher gestattet, hauptsächlich nur auf solche Windwirkungen hinzuweisen, welche in bodenkundlicher Hinsicht von Bedeutung sind. Was die Winde selbst betrifft, sind ganz allgemein von Belang zentrifugale und zentripetale Strömungen. Erstere führen aus dem Innern von Festländern Luft und damit Staub fort und verfrachten ihn weithin. Zentripetale Strömungen finden statt, wenn die Luft über den Kontinenten aufgelockert ist. Es strömt dann fremde Luft ein, trägt Staub herzu oder hebt selbst Staub und Sand ab.

Örtlich spielen noch eine Rolle periodisch auftretende Winde, wie Föhn, Scirocco, Bora, Passat, Samum und so weiter.

Auch jene oft sehr heftigen Fallwinde müssen hier erwähnt werden, welche von Gletschern oder Inlandeis gegen das Vorland hinwehen und besonders während des Rückzuges von Vereisungen eine große Rolle gespielt haben.[13])

Alle diese Winde verfrachten Verwitterungsprodukte in der Form von Staub bis Sand und vermögen auch mit Hilfe mitgeführter feinerer oder gröberer Sandkörnchen korradierend, also verwitternd zu wirken.

Auch durch Wegschaffung von Verwitterungsprodukten fördern sie den neuerlichen Angriff aller Verwitterungskräfte auf das freigelegte Gestein.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Selbst die Bedeutung schwächerer Luftbewegungen darf nicht verkannt werden. Wenn große Ebenen, welche mit spärlichem Pflanzenwuchs bedeckt sind, stark besonnt werden, findet oft nur eine Auflockerung der Luftschichten statt, dann erscheint der Horizont getrübt von schwebenden allerfeinsten Staubteilchen, die aber doch in langen Zeiträumen zu Lößablagerungen führen können. Diese Erscheinungen treffen für Steppen und Wüsten zu. Man kann aber auch schon im großen Alföld (südlich Budapest) diese auffallende Lufttrübung wahrnehmen.

Die Kraft der Winde entspricht ihrer Schnelligkeit. In der Wüste werden die Telegraphendrähte[50]) allmählich durchgescheuert, unter dem Berninapaß fand ich die Borke von Lärchen auf der Seite, wo die Fallwinde anprallen, fast bis auf den Splint abgewetzt,[24]) am Meeresstrande und an den Karstabhängen, wie an den Gebirgsabdachungen überhaupt, zeugen einseitige Baumkronen und gebogene Stämme von der Kraft der bewegten Luft.

Von den Windwirkungen wollen wir nur einige herausgreifen, welche die äußerste Hülle der Erde beeinflussen.

Durch bewegte Luft findet eine Umlagerung von Verwitterungsprodukten (Staub und Sand bis 7 mm Korngröße) sowie Humusteilchen statt. Wirbelwinde heben noch größere Gesteinsteilchen in die Luft empor. Anderseits beobachtet man ein wellenartiges Vorwärtsfließen von Sandströmen am Boden selbst, besonders in Dünengebieten.

Die Arbeit, welche die Winde am unterlagernden und entgegenstehenden Gesteine durch Schliff mit Hilfe von mitgeführten Sandkörnern vollbringen (Korrasion, ein Begriff, welcher in das Kapitel „Verwitterung" gehört), ist um vieles weniger wichtig als die abhebende, transportierende Arbeit, die Deflation. In trockenen, pflanzenarmen Gegenden ist letztere von der allergrößten Bedeutung und vollends in den Wüsten wird die Deflation zum wichtigsten Denudationsvorgang.[50]), [31])

Auch für Höhenlagen, vor allem für Berggipfel kommt die Deflation sehr in Betracht; der Alpenwanderer findet dort wenig oder gar keinen Staub angehäuft und man hat berechnet, daß die Mengen Staub, welche von den Bergen der Auvergne in

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

die Umgebung hinausgetragen werden, sich pro Jahr und Hektar auf etwa 1000 kg belaufen.[1])

Massenabhebungen von Verwitterungsmaterial, wie sie in Wüsten (auch Glazialwüsten) und Steppen vor sich gehen, entsprechen Massenablagerungen teils auf dem festen Lande, teils in Wasserbecken: Wüsten können so weit über ihr Gebiet hinaus fortschreiten (Transgressionen), es entstehen Lößablagerungen und Absätze von Staub in Binnengewässern und auf dem Meeresgrunde.[50]) Wie wir noch sehen werden, mischt sich diesen Ablagerungen oft noch Staub vulkanischer, seltener kosmischer Natur bei. Jedenfalls kann die Sedimentation sehr weit entfernt von dem Ursprungsort der Staubteilchen stattfinden; so wurde angenommen, daß der Löß Nordchinas nichts anderes darstelle als den Staubabtrag des inneren Asiens; in solchen Fällen spricht man von „exotischem" Löß.[30])

Das sind also Staubfälle, welche man auf zentrifugale Windströmungen zurückführen muß. Dabei erinnern wir uns wohl auch an den Staubfall vom 9. März 1901, der aus dem südalgerischen Wüstengebiete seinen Ausgang nahm und bis nach Süddänemark, also auf rund 2800 km, bemerkbar war.[16]) Wer damals am Gardasee weilte, konnte bemerken, daß die Schneefelder des Monte Baldo deutlich rotgelb gefärbt waren. Die Menge Staubes, welche hiebei in Europa fiel, wird auf 1,800.000 Tonnen geschätzt. Auch der Staubfall vom 21. bis 23. Februar 1903 war afrikanischen Ursprungs. Steht diese Frage schon außer allem Zweifel, so lassen sich Ursachen und Wirkungen noch deutlicher in Einklang bringen bei Staubfällen vulkanischer Herkunft. Ich meine zunächst Aschenregen, welche ganz in der Nähe von Vulkanen niedergingen und dabei geradezu Verschüttungen nach sich zogen.

Solche Aschenfälle wurden in neuerer Zeit bei Eruptionen südamerikanischer Vulkane sehr genau beobachtet; es wurde u. a. ein Dorf durch eine Aschendecke von etwa 1·5 m Mächtigkeit vernichtet.[36])

Aber auch Verwehungen feinster vulkanischer Auswürflinge staub-sandförmiger Art auf größere Entfernungen hin sind hier zu erwähnen.

Ältere, diluviale Ablagerungen dieser Herkunft wurden zum Beispiel in der Nähe von Gießen und Marburg in Hessen als Bimssteintuffe gefunden; die zu einer hellgrauen Gesteins-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

schichte verkitteten Splitterchen waren durch Westwinde aus Vulkanröhren der Eifel hergetragen worden, hatten also einen Weg von rund 100 km zurückgelegt.[16])

Je höher das zerspratzte vulkanische Magma hinauf in die Lufthülle der Erde geschleudert wird, um so länger kann sich seine Luftreise gestalten. Gelangt der Vulkanstaub bis in die Höhe der Zirren (etwa 12.000 m), so ist ein monatelanges Schweben in diesen windbewegten Regionen möglich. Die auffallenden Dämmerungserscheinungen, welche uns vom Jahre 1883 her noch in Erinnerung sind, mußten auf die Explosion des Krakatau zurückgeführt werden, wobei etwa 18 km^3 vulkanischer Masse hinaus in die Atmosphäre zerstäubt wurden; ein Teil hievon gelangte bis in die Höhe von 80 km und verbreitete sich so über die ganze Erde hin.[16])

Zum Beispiel wurde in Batavia, welche Stadt rund 160 km vom Krakatau entfernt liegt, Asche beobachtet, deren Teilchen vielfach einen Durchmesser 0·0009 bis 0·0038 mm aufwies.[11])

Auch die Explosion des Monte Pelée (1902) war die Veranlassung zur Bildung leuchtender Nachtwolken.

Im Jahre 1906 fielen Vesuvaschen in Kiel, Paris, in Spanien und Montenegro, bei früheren Eruptionen in Konstantinopel und Nordafrika. Die Aschen isländischer Vulkane wurden bis nach Norwegen, Holland und Deutschland getragen.[16]) Die Möglichkeit einer sehr weiten Verbreitung vulkanischen Staubes ist also zweifellos gegeben. Nimmt die Menge der niedergefallenen Gesteinssplitterchen mit der Entfernung natürlich stark ab, so ist sie näher am Eruptionskegel doch so bedeutend, daß sie einer künstlichen Düngung mit Kali und Phosphorsäure gleichkommt. Erfahrungsgemäß werden in den solchen Aschenregen folgenden Jahren höhere Ernten erzielt.

Fortwährende reichliche Zufuhr von Mineralstoffen in der Form von Vulkanaschen kann Böden, welche durch darüberlagernden Rohhumus Gefahr laufen in wenig fruchtbare Bleicherden überzugehen, vor diesem in wirtschaftlicher Hinsicht wenig erfreulichen Schicksal bewahren.[43]), [44]) Es werden in solchen Fällen die adsorptiv ungesättigten Humusstoffe durch den Vulkanstaub immer wieder abgesättigt und vermögen dann das Bodenkapital nicht mehr anzugreifen.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Natürlich vermag auch die Zufuhr von anderem staubartigen Material die Bleicherdebildung hintanzuhalten. Diese Tatsachen sind besonders für die Tropen und Subtropen wichtig, in denen man in neuerer Zeit mächtige Rohhumusablagerungen entdeckt hat, welche die Böden besonders stark angreifen, da Temperatur und Niederschläge dort sehr hoch sein können.[21])

Auch für die Vorzeit sind reichliche oder oftmals wiederholte Aschenregen von ziemlicher Bedeutung.

Vulkanische Eruptionen, welche ihren Ursprung in Schottland hatten und vom unteren Eozän bis in das Miozän andauerten, sollen ihre schwarzen, eisenreichen Aschen auch über Deutschland ausgeschüttet haben. Von den Kalkplateaus des Juragebirges wurde der vulkanische Staub dann durch Wind und Niederschläge in die Risse und Karren der Kalkfelsen hineingetrieben, sammelte sich dort im Laufe der Zeit an und ergab zusammen mit den Verwitterungsrückständen (Lösungsresten) solcher Gesteine endlich einen zähen, braunen bohnerzführenden Lehm, der wohl eine nahe Verwandtschaft zur Roterde aufweisen dürfte.[49]) Darüber später noch Genaueres! Wo vulkanische Asche sich in horizontalen Lagen anhäufen kann, entstehen mitunter Schichten von großer Mächtigkeit.

Herrscht in solchen Gegenden ein feuchtes und zugleich warmes Klima, so findet eine gründliche Umwandlung der verhältnismäßig leicht angreifbaren vulkanischen Asche statt; besonders Bimssteinasche fällt bald der Verwitterung anheim. Auf solche Weise scheint sich der Löß der Pampasformation Argentiniens gebildet zu haben, dessen Mächtigkeit stellenweise 10 bis 20 m beträgt, aber mit der Entfernung von den Ausbruchstellen der basischen Eruptive in der Richtung von West nach Ost abnimmt.[27])

Wüsten- und Vulkanstaub, welche wir eben besprochen haben, sind ihrer Zusammensetzung nach verhältnismäßig einfach und leicht erkennbar, durch Polarisationsmikroskop und chemische Analyse.

Schwieriger gestaltet sich ein sicherer Nachweis bei den folgenden, aus Bestandteilen verschiedenartiger Herkunft zusammengesetzten Staubarten.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Noch etwas rätselhaft ist z. B. die Natur des Kryokonits, welcher 1870 auf dem grönländischen Inlandeis fiel; dieser dunkel gefärbte Staub enthält viele organische Stoffe (Fett von mikroskopischen Algen), ferner Mineralstoffe, wahrscheinlich Asche von isländischen Vulkanen, und endlich kobalt- und nickelhaltige Eisenteilchen, welche als kosmischer Staub bezeichnet wurden.[29])

Genauer sind wir unterrichtet, inwieweit Staub einen Anteil an den Absätzen der Tiefsee hat. Wir wissen, daß der rote Tiefseeton, der wichtigste Tiefseeschlamm, und manche andere Schlammarten der Meeresbecken kosmische Bestandteile einschließen, ferner vulkanischen Staub, und zwar Bimssteinteilchen von bedeutenderen Vulkanausbrüchen, aber auch Wüstenstaub, wie man ihn auf dem Festlande bei Staubstürmen sammeln kann.[50]) (Auf die anderen in den Meeresablagerungen enthaltenen Stoffe will ich hier nicht weiter eingehen.)

Staubsedimente spielen selbstredend auch in den Süßwasserbecken eine große Rolle; besonders aber mag dies in der Nacheiszeit der Fall gewesen sein. Der Glimmergehalt der Staubeckensande (wie wir sie z. B. als Untergrund der Torfmoore in den Voralpen finden), ist sicher teilweise äolischen Ursprungs, aus den Moränen durch Fallwinde ausgeblasen.

Glimmerblättchen machen auch einen Hauptanteil der Tone Nordeuropas aus; sie wurden aber, da sie mitunter durch Humuskolloide stark ausgebleicht sind, fälschlich für Kaolin gehalten.[2]) Man geht wohl kaum irre, wenn man (abgesehen von Verschwemmung) auch hier an Verwehung denkt.

Der feinere Sand und Schlamm (letzterer in getrocknetem Zustande als Staub) der ausgedehnten Urstrombette wurde ebenfalls fortgeführt und hat in der Umgegend zur Entstehung flüchtiger Sandfelder und großer Lößlager Veranlassung gegeben. Im großen Alföld z. B. stammen die diesbezüglichen Bildungen aus der Theißebene.[44])

Aber auch heute noch treten Lößbildungen auf als das Resultat der gegenwärtigen äolischen Tätigkeit längs der Ströme in den wüstenhaften Zonen Montanas und anderen Gegenden Amerikas, man muß also bei Lößablagerungen

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

durchaus nicht immer an glaziales Ursprungsmaterial denken.[15]) Auch in China soll immer noch Löß gebildet werden.[30]) Flugsandanhäufungen werden in der Jetztzeit vielfach noch in großem Maßstab verursacht, wie ich das im großen Alföld beobachten konnte; selbst das Marchfeld bei Wien ist noch nicht ganz zur Ruhe gekommen.

Nicht immer bauen sich, wie in dem eben genannten Fall, die Bodenarten ganz aus Sand und Staub auf und bilden eigentliche äolische Sedimente; vielfach treten vom Winde verfrachtete Mineralteile nur als Beimengung von Böden auf, welche auf irgendeine andere Weise entstanden sind. Am leichtesten und sichersten kann man Mineralsplitter dieser Art natürlich in dunkelgefärbten organogenen Bildungen, wie Torf und Humus, erkennen.

In den Torflagern fallen Glimmerblättchen oft ohne weiteres durch ihre große Menge auf. So ist z. B. der ganze Torf des Karolinenfelder Hochmoores (Oberbayern) mit Glimmerblättchen durchsetzt.[46])

Eine der Hauptpflanzen der Hochmoore ist bekanntlich das Torfmoos, Sphagnum, mit seinen zahlreichen Arten. Durch seinen Bau ist es besonders geeignet, daraufgewehte Gesteinssplitter festzuhalten und, nachdem eine Ernährung von unten her (durch Grundwasser) nachweislich nicht stattfindet, müssen die notwendigen Mineralstoffe aus dem angewehten Staube entnommen werden; es wurde berechnet,[32]) daß auf den Quadratmeter Fläche rund 7 bis 13 g Staub im Jahre herniedergehen muß, um den anspruchslosen Sphagnumarten das Leben zu ermöglichen. Verbrennt man Torfmoose, so findet man in der Asche auch tatsächlich Glimmer und andere Mineralsplitter in Menge.

Besonders viel Mineralteilchen enthalten die alpinen Torfarten. Infolge der reichlichen Zufuhr von Nährstoffen, welche durch die heftigen Winde in die Paß- und Hochflächenmoore hineingetragen werden, nehmen die alpinen Vermoorungen nie die Eigenart der echten Hochmoore an, sondern bilden einen Typus für sich, der zwischen Hoch- und Flachmoor steht.[24])

Der Alpenhumus (moder- bis torfartige dunkelgefärbte Ablagerungen, dem kühlen und feuchten Alpenklima eigentümlich, in der Hauptsache nur aus den Resten der an

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Ort und Stelle wachsenden Pflanzen hervorgegangen und besonders in den Kalkalpen in metertiefen Lagen anzutreffen) enthält ebenfalls sehr viele herzugewehte Mineralsplitter, darunter Glimmerblättchen bis zu etwa 0·25 mm² Größe.

Von Herrn Prof. Weinschenk wurde die Asche einer Probe von torfartigem Alpenhumus, gesammelt am Pragsersee, petrographisch untersucht; Weitaus der größte Teil des mineralischen Anteils bestand aus Glimmer (Muskowit und Biotit), dazu folgt der Menge nach Quarz; alle anderen Minerale, selbst die Feldspate (Orthoklas und Albit) sind darin in viel geringerem Maße enthalten; von Mineralen wurden noch festgestellt: Zirkon, Rutil, Korund, Magnetit, Xenotim, Apatit, Staurolith, Klinozoisit, Granat, Diopsid, Strahlstein und Hornblende. Diese Minerale stammen ohne Zweifel aus den Phylliten und Glimmerschiefern der benachbarten Alpengebiete.

Nimmt man an, die Alpenhumusschicht habe durchschnittlich 0·25 m Mächtigkeit, so ergibt sich auf die Fläche eines Hektars eine Menge von rund 8000 kg zugeführten Staubes; hiebei ist Kalkstaub, der ja gewiß auch reichlich herbeigeweht wird, noch gar nicht inbegriffen.

Für Alpenhumus, wie er auf hochgelegenen Alpenpässen vorkommt, müßte ein noch viel höherer Wert angenommen werden, da dort die Zuwehung von Staub eine größere ist.[24])

Bisher war ausschließlich die Rede von der Zufuhr anorganischer Bestandteile mit Hilfe von Wind.

Es gibt aber auch zahlreiche Fälle, in denen organische Substanz in Frage kommt, deren Bedeutung für die Bodenbildung und den Pflanzenwuchs in ihrem Stickstoffgehalt liegt.

Geologisch junge Böden, wie Gletscherböden, Diluviallehme und -sande, Schutthalden, können selbst bei erheblichem Reichtum an mineralischen Nährstoffen erst dann von Pflanzen besiedelt werden, wenn sie auch genügend Stickstoff angereichert haben. Für die Zufuhr von Stickstoff bestehen nur dreierlei Möglichkeiten: einmal wird durch die Niederschläge der Boden mit Stickstoff bereichert; man kann diesbezüglich auf ein Hektar und Jahr etwa 6 bis 10 kg in Anschlag bringen. Weiterhin wird dem Boden mit Hilfe der Leguminosen, bzw. ihrer Knöllchenbakterien Stick-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

stoff einverleibt; und diese Pflanzenarten treten tatsächlich auf Rohboden mit als die ersten Ansiedler oft recht zahlreich auf. Endlich hat man zu rechnen mit der Zuwehung stickstoffhaltigen, organischen Materiales aller Art, staubförmiger Humusteilchen, zerkleinerter pflanzlicher und tierischer Reste.[24])

Ich will diese Verhältnisse nur kurz an einem Beispiele erläutern. Von Gletscher- oder Inlandeis verlassene Böden (Moränen, Sande usw.) müssen erst ein gewisses Alter aufweisen, um höhere Vegetation (Wald, Gras) ernähren zu können, denn anfangs reicht ihr Stickstoffgehalt nur eben für ganz anspruchslose, niedere Gewächse aus (kleine Polytrichumarten, Algen, Flechten und unscheinbare Moose). Somit ist auf so schwach bewachsenen Flächen für eine Anzahl von Jahren die Möglichkeit einer fortwährenden Umlagerung durch Winde gegeben. Besonders trifft dies für die Glazialwüsten (mit kühlem Klima) zu, welche sich nach dem Rückzuge des Inlandeises ausgebildet haben müssen.[13]) Diluviale Gletschersande sind nun tatsächlich stark ausgeblasen, ihrer feinsten, wertvollen Bodenteile beraubt und somit wenig fruchtbar und man kann annehmen, daß diese staubförmigen Bodenteilchen an anderen Stellen als Löß abgelagert worden sind.

Für junge Böden, welche von Gletschern abstammten, wurde die Zunahme an Stickstoff untersucht und es ergaben sich folgende Werte:

Gepatschferner:	
Moräne auf dem Eise (0 Jahre)	0·028% N
» ungefähr 10 Jahre alt	0·048% N
» » 20 » »	0·055% N
Sulden:	
Moräne ungefähr 35 Jahre alt	0·052% N
» » 80 » »	0·115% N

Durch diese Untersuchungen ist es also erwiesen, daß in derartigen Böden im Laufe der Zeit eine erhebliche Stickstoffzufuhr stattfindet. (Die Zahlen nach einer gütigen Mitteilung von Herrn Hermann Hofmann, zurzeit im Felde, welcher seinerzeit auf meine Anregung hin die Anreicherung des Stickstoffes in verlassenen Gletscherböden erfolgreich studierte.)

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Ist einmal genügend Stickstoff vorhanden, so kommen dann rasch anspruchsvollere Pflanzengemeinschaften auf Gletscherböden, z. B. Wald (Lärchen), zur Ansiedelung und legen ihn fest. Die Herbeiwehung organischen Staubes ist eine sehr in die Augen fallende Tatsache; Eis und Schnee in den Hochlagen der Gebirge sind stellenweise oft von einer schwarzen, feinpulverigen Masse überzogen; es handelt sich hiebei wohl um verwehten Alpenhumus. Sonst kommt für die Stickstoffzufuhr noch in Betracht die Verwehung von Blütenpollen, Diatomeen, Insekten usw., welche gelegentlich sehr von Bedeutung sein kann.[24])

Im Anschluß an unsere Betrachtungen über diese Einflüsse äolischer Natur erscheint es mir noch notwendig, zu erörtern, welche Bedeutung die Staubzufuhr für zwei Bodenarten hat, die sich in sehr windbewegten Gebieten finden, die Rot- und Gelberden der Mittelmeerländer und angrenzender Gebiete. Freilich läßt sich diese Frage nicht behandeln, ohne daß wir genauer auf die Roterde und verwandte Bodenarten eingehen.*)

Die tropischen Roterden[53]), [54]) (welche man von den lateritischen Bildungen als eine selbständige Bodenart abgetrennt hat) sollen hier nicht besprochen werden, denn schon ganz allein mit Hilfe der Schlämmanalyse sieht man, daß es sich um ganz anders geartete Böden handelt.

Über Gelberden ist im allgemeinen wenig bekannt; man betrachtet sie als Bildungen, welche den Roterden entsprechen und ihre Eigenart einem etwas feuchteren Klima verdanken. Hiezu kann ich aus meiner Anschauung nur aufs bestimmteste sagen, daß beide Bodenarten oft hart nebeneinander vorkommen, eine Erscheinung, die übrigens auch für Rot- und Braunerden gilt. Die Braunerden sind wiederum als eine Vorstufe der Gelberden aufzufassen und im allgemeinen einem feuchteren Klima eigentümlich als erstere.

Wir wollen von diesen Erörterungen absehen, die in das noch recht ungeklärte Gebiet der Bodeneinteilung[21]), [42])

*) Ich bemerke hier ausdrücklich, daß sich die folgenden Ausführungen, soweit nicht Gegenteiliges bemerkt wird, ausschließlich nur auf das mir selbst vorliegende Material beziehen sollen, welches ich in Krain, Istrien, Dalmatien, Südtirol, im Schneeberggebiet bei Wien, in Capri, Oberitalien und an der französischen Riviera (insgesamt etwa 30 Proben) mit wenigen Ausnahmen selbst gesammelt habe.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

hinüberführen würden, und zunächst den Begriff Roterde zu erläutern suchen.

Die Roterde *(terra rossa)* ist eine Bodenart, welche außerordentlich zäh und plastisch[4]) ist, weil sie einen hohen Gehalt an kolloiden Stoffen[33]), [9]) besitzt.*) Sie enthält in der Hauptsache Aluminiumhydroxydgel,[45]) Eisenoxydhydratgel und dazu Tonsubstanz in verschiedenen Mischungsgraden.[39]) Reine Roterde ist äußerst arm an Alkalien.*) Sie neigt sehr zu Adsorptionen, vor allem von Eisensalzen[23]) und organischen Farbstoffen. Es gibt Roterden, die z. B. von Methylenblau bis zu 1·6 g auf 20 g Boden berechnet adsorbieren.

Den hohen Gehalt an irreversiblem Eisenhydroxydgel verdanken sie dem Mangel an Humus (welcher als Schutzkolloid wirken und das Eisenhydroxyd in Solform wegführen könnte) einerseits und den langen sommerlichen Trockenperioden der Mittelmeerländer anderseits; während dieser Zeit werden die Eisenhydroxydgele unter der Einwirkung hoher Temperaturen nämlich irreversibel.[23]), [28]), [40]) Während man früher glaubte, daß die Roterden arides Klima[22]), [23]) für ihr Zustandekommen

*) Die Zerlegung der Roterde in ihre Korngrößen nahm ich stets nach der Atterbergschen Schlämmanalyse[2]) vor. Ich gebe hier die Resultate von zwei besonders zähen, plastischen Roterden aus der Gegend von Gottschee wieder; angewendet wurden zur Schlämmung je 20 g Boden.

		I.	II.
Körner	< 0·002 mm	9·64 g	11·58 g
	< 0·006 »	3·21 »	2·29 »
	< 0·02 »	2·26 »	1·46 »
	< 0·06 »	1·90 »	1·06 »
	< 0·2 »	2·03 »	1·54 »
	> 0·2 »	0·96 »	2·07 »
		20·00 g	20·00 g

Die Teilchen < 0·002 mm haben nach Atterberg viele Eigenschaften mit den kolloiden Tonteilchen gemeinsam. Dieser Anteil der Roterde wurde stets durch Differenzberechnung, nicht unmittelbar durch Wägung bestimmt.

*) Zur Kennzeichnung der Karstroterden in chemischer Beziehung mögen hier einige Analysen typischer Vorkommen Platz finden; zum Vergleich mit braunen Bohnerztonen aus der Nähe von Freiburg, die ganz ähnlich zusammengesetzt sind, füge ich noch eine Analyse hievon bei. (Fundort: Klüfte im Hauptrogenstein von Herbolzheim) [28]. Nach einer

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

brauchten, steht nunmehr fest, daß humides Klima[13]), [21]) mit zeitweiliger längerer Trockenheit und Hitze vollkommen genügt, um sie entstehen zu lassen (als Lösungsrest von Kalkgesteinen, Verwitterungsprodukt von äolisch zugeführtem Material) und die kräftig rote Farbe dieser Bodenart auf die Dauer zu erhalten. Die obengenannten Eisen- und etwas Manganverbindungen erteilen der Roterde ihre lebhafte Farbe. Diese schwankt zwischen braun und rotviolett; Böden, deren Farbe einen Stich ins Violette zeigt, sollte man nicht als Roterden bezeichnen, denn sie sind chemisch ganz anders geartet und weisen wohl kaum freie Basen auf, wie dies die Roterden tun.

Die Roterde ist im mediterranen Gebiete, soweit bis jetzt bekannt, im allgemeinen auf Kalkgesteine beschränkt; in Süditalien findet sie sich angeblich auch auf nicht aus Kalken bestehendem Gestein, hier offenbar aufgeweht.[12]) Nachdem ich diese Vorkommen selbst aus eigener Anschauung nicht kenne, möchte ich mich jeden Urteils darüber enthalten, zumal analytische Belege fehlen.

Die Roterde enthält häufig Bohnerze und verschieden ausgebildete Brauneisenkonkretionen, die teils an

freundl. brieflichen Mitteilung von Herrn Prof. Meigen sind nämlich viele eozäne und pliozäne Bohnerztone nichts anderes als alte Roterden. Durch Vergleiche der Roterde- und Bohnerztonanalysen miteinander gewinnt diese Ansicht sehr an Wahrscheinlichkeit. Jedenfalls wird man ohne Rücksicht auf die Farbe einer Bodenart stets darauf achten müssen, ob es sich etwa um eine fossile Bildung handelt.

	Volosca[10])	Lovrana-Medvea[39])	St. Canzian[5])	Herbolzheim
$Si\,O_2$	41·98	44·70	47·10	43·33
$Al_2\,O_3$	26·82	26·27	21·83	22·32
$Fe_2\,O_3$	10·95	11·56	12·93	12·61
$Mg\,O$	1·11	Spuren	1·53	1·32
$Ca\,O$	1·57	Spuren	0·37	2·15
$Na_2\,O$	0·26	3·15	0·91	0·38
$K_2\,O$	0·92		0·80	1·57
Glühverlust	17·52	13·84	15·93	15·07

Ein Bohnerzton von Ebringen[38]) weist ähnliche Zusammensetzung auf. Ungarische Roterden scheinen den von mir gesammelten nicht unähnlich zu sein, soweit man dies aus einer einzigen Analyse von Roterdekolloidschlamm schließen kann.[4])

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Oolithe, teils an die Form von Belemniten und Seeigelstacheln sowie an Konchylien erinnern; derartige merkwürdige Gebilde fand ich bei St. Peter nahe der Quelle, welche im dortigen Aufforstungsgebiet entspringt. Es sind jedoch alle diese Konkretionen kein besonderes Merkmal für die Roterde. Vergl. [20])!

Ich habe in neun Proben von Roterde, in vier Gelberden und in einer Braunerdeprobe Bohnerze feststellen können.

Weiterhin sind in der Roterde mitunter Tausende von hellgelben, harten, nierenförmigen Knollen bis zu Faustgröße enthalten, welche zum größten Teil aus kohlensaurem Kalke bestehen.[23]) Es handelt sich aber hiebei nicht etwa um nachträgliche Ausscheidung von kohlensaurem Kalk, sondern es sind diese Knollen (wie man an verwitternden Felsen feststellen kann) schon im Gesteine fertig ausgebildet; sie wittern dann aus und gelangen so in die Roterde; dies kann man oberhalb Abbazia, Lovrana und bei Opčina beobachten.

Ferner findet man in Roterden, so z. B. am Mont Borron bei Nizza rotbraune, harte Knollen,[22]) welche ebenfalls schon fertig in den Felsen als Hohlraumausfüllung vorgefunden werden und sich, wenn das anstehende Gestein verwittert, der Roterde beimengen; sie sind zum Teil mehr als faustgroß. Bei der Auflösung mit verdünnter Salzsäure entwickeln sie stark Kohlensäure und hinterlassen eine rötliche Substanz, aus welcher durch Verwitterung leicht Roterde hervorgehen kann, wie aus einer Analyse[6]) von Herrn Doktor Blanck zu entnehmen ist. Allerdings ist in ihnen nicht gerade fertige Roterde vom Charakter jener enthalten, in welche die Konkretionen eingebettet liegen, wie ich früher — ohne weitere Untersuchung — irrtümlich annahm.[22])

Sekundäre Bildungen, die etwa in der Roterde durch Verkittung mittels Kalk entstanden wären, sind diese Konkretionen nicht. Ursprünglich hatte nämlich ich und mit mir Herr Dr. E. Blanck, der sie damals analysierte,[6]) diese Art der Entstehung vermutet. Ich fand aber dann solche knollige Gebilde neuerdings in den Kalken von Cigale, dort noch teilweise in den Felsen steckend und war damit endgültig aufgeklärt.

Konkretionen von ganz analoger Art sah ich dann in dem von Herrn Dr. Boden gesammelten Material; diese waren

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

in eozänen Kalken der Veroneser Alpen enthalten und werden wohl mit Recht als metasomatische Umformungen des Kalkes gedeutet, welche durch postvulkanische Thermalwirkungen hervorgerufen worden sind;[7]) für meine Konkretionen kann diese Annahme vielleicht übertragen werden; wenn auch nicht gerade Thermen in den Kalken von Cigale zirkulierten, so können doch kalte Eisensäuerlinge die gleiche Umbildung hervorgerufen haben.

Nachdem gegenwärtig dem Vorkommen von Bohnerzen anderen Konkretionen in verschiedenen Bodentypen mit Recht Bedeutung beigelegt wird, glaubte ich auf diese Punkte etwas eingehen zu müssen.

Ueber die Entstehungsart der Roterde kann man in der Literatur die verschiedenartigsten Anschauungen ausgesprochen finden.

Es ist nicht möglich, im Rahmen dieser Abhandlung auf alle Theorien der Roterdebildung einzugehen, welche in der Literatur aufgestellt wurden; einige sollen hier erwähnt werden.

Inwieweit die Roterde als Absatz von eisenkieshaltigem Tonschlamm (Stache) angesehen werden kann, läßt sich schwer beurteilen; jedenfalls kann diese Entstehungstheorie beiweitem nicht für alle Roterdevorkommen Geltung haben. Vergl. auch [19])!

Auf Grund der Gegenüberstellung von Analysenresultaten verschiedener Böden wurden die Karstroterden zum Beispiel auch als illuviale Horizonte von Waldböden[41]) bezeichnet. Man trifft manchmal auf Roterde noch Waldbestände, z. B. Eichen oder degenerierten Wald (Macchie). Auffallende Profile unter Waldbedeckung habe ich allerdings nie wahrgenommen: Die oberste humose Bodenschicht war infolge von Humusbeimischung braun bis schwarzbraun und ging in etwa 20 bis 30 cm Tiefe ganz allmählich in normale Roterde über.

Auch auf Braunerdeböden innerhalb der Roterdegebiete stockt Wald (so z. B. bei St. Peter am Karst). Hier geht die humose dunkelbraune obere Bodenschicht unmerklich in humusfreie Braunerde über, welche etwas hellere Farbe aufweist.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Zuletzt hat sich die Annahme durchgerungen, daß die Roterden den Lösungsrest der Kalke und Dolomite darstelle, auf denen und in deren Klüften, Karren und Dolinen sie gefunden wird. Es wurden (zum mindesten für den kroatischen Karst) überzeugende Beweise dafür beigebracht;[45]) man fand in den Kalkgesteinen die gleichen Minerale als akzessorische Bestandteile, welche auch in Roterden enthalten waren. Es müssen aber noch andere Möglichkeiten für die Herkunft der in Roterden enthaltenen Minerale in Frage kommen. Ich habe nämlich eine Anzahl von Kalkgesteinen untersucht, auf denen Rot-, Gelb- und Braunerde lag, und konnte, wie dies auch in anderen Abhandlungen hervorgehoben[17]), [19]), [45]) wurde, nur recht geringe Mengen salzsäureunlöslicher silikatischer Bestandteile*) darin feststellen (siehe die Tabelle). Die einzelnen Teilchen

*) Auf ihren Gehalt an salzsäureunlöslichem Rückstand, sowie an Tonerde und Eisen wurden folgende Gesteine untersucht:

Anstehendes Gestein	Unlösl. Rückstand	Tonerde u. Eisen
	in Prozenten	
1. Grauer Kalk von Tschernembl in Krain (Trias?)	0·4546	0·3776
2. Grauer Kalk v. Tschernembl-Loke	0·3390	0·0604
3. Grauer Triaskalk v. Toplitz	0·1476	0·4594
4. Rudistenkalk von Adelsberg	0·0174	0·4069
. Hippuritenkalk v. St. Peter in Krain . . .	0·0346	0·3989
6. Hauptnummulitenkalk v. Opčina	0·0500	
7. Poröser, schneeweißer Kreidekalk v. Montona	0·0259	0·1067
8. Rudistenkalk v. Cigale (Insel Lussin) . . .	0·2445	0·6303
9. Radiolitenkalk v. Abbazia*)	0·4900	0·4700
10. Rudistenkalk u. Dolomit v. Ragusa	0·0128	0·1871
11. Nummulitenkalk u. d. Ombla bei Ragusa . .	0·0940	0·0512
12. U. Triaskalk v. Puchberg a. Schneeberg . .	1·7430	0·8232
13. Hochgebirgsriffkalk v. Schneeberg	0·0413	0·3242
14. Marmorartiger Kreidekalk v. Capri	0·3551	0·2439
15. Gelbl. dichter Kreidekalk v. Rudolfswert . .	0·1523	0·0838
16. Alveolinenkalk v. Basovizza bei Triest . . .	0·4667	0·5455
17. Eozäner Nummulitenkalk v. St. Peter in Krain	0·0285	0·2012

Auf den Gesteinen 1 bis 13 lagerte Roterde, auf 14 und 15 Gelberde, auf 17 Braunerde auf.

*) Nach B. Fach [11]), da ich von diesem Kalke selbst keine Probe besaß.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

dieser Rückstände hatten noch dazu einen äußerst kleinen Durchmesser, während die Roterdeschlämmrückstände viele ungleich größere und deutlich ausgebildete Mineralsplitter enthielten.

Sind die genannten Kalke also schon sehr arm an akzessorischen Bestandteilen überhaupt, so enthalten sie, wie ich durch die Analyse feststellen konnte, auch sehr wenig Tonerde und noch weniger Eisen. Da nun die Roterde nach vorliegenden Analysen geradezu sehr reich an diesen beiden Stoffen ist, müßte unendlich viel Kalk verwittert sein, um einigermaßen größere Mengen Roterde zu hinterlassen, wenn man annehmen wollte, daß diese einzig und allein als der an Ort und Stelle verbliebene Lösungsrest jener Kalkgesteine aufzufassen wäre.

Aber lediglich aus derartig reinen Kalken kann die Roterde der von mir gesammelten Vorkommen nicht hervorgegangen sein. Jedenfalls stammen die größeren Mineralsplitter der Schlämmrückstände anders woher, denn sie haben z. B. eine derartige Größe, daß man sie in den Kalkgesteinen mit freiem Auge auffinden müßte. Man muß also notgedrungen an Verschwemmung und Verwehung denken. Wo die Roterde auf sehr reinen Kalkgesteinen aufgelagert, muß diese Auffassung von den Mineralsplittern unbedingt auch auf das eigentliche Verwitterungsprodukt, die Roterde selbst, übertrragen werden.

Was nun die Herkunft letzterer betrifft, möchte ich annehmen, daß sie zum größten Teile in Kalken mit roten Adern und Drucksuturen usw. vorgebildet vorkommt, in der Form eisen- und tonerdehaltiger Substanzen, welche durch die Verwitterung mehr oder weniger rasch in Roterde übergehen können, falls es die klimatischen Verhältnisse gestatten. Solche durch Auflösen von Kalkgesteinen in sehr verdünnter Salzsäure oder besser in Essigsäure gewonnene Rückstände zeigen oft schon ganz das Aussehen von Roterde.*) Zum mindesten aber ist ihre chemische Zusammensetzung derartig, daß aus ihnen Roterde hervorgehen kann.[10])

*) In gewissen Kalkgesteinen trifft man rote, in sehr verdünnter Salzsäure unlösliche Substanz in äußerst feiner Verteilung; das ist insbesondere in Sedimenten der Fall, in denen roter Tiefseeschlamm eine Rolle spielt (Neumayr) und bei der Verwitterung einen roterdeähnlichen Rest hinterläßt.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

In manchen Kalkgesteinen sieht man Klüfte mit einer Breccie angefüllt, deren roter Zement bei der Verwitterung echte Roterde ergibt; von dieser sehr in die Augen fallenden Tatsache kann man sich im Kalkgebiete um Puchberg und am besten auf dem Schneeberge bei Wien überzeugen, wo Roterde in ungeheuren Mengen vorkommt und nebenbei gesagt, die Oberflächenformen[14]) sehr an den Karst erinnern.

Herrn Dr. Götzinger, welcher in diesen Gebieten früher schon Roterde festgestellt hatte,[14]) verdanke ich schätzenswerte Ratschläge für meinen Ausflug auf den Schneeberg.

Auch aus den rotgesprenkelten Kalken in der Umgegend von Berchtesgaden (Dachsteinkalk) geht eine tonige Substanz hervor, die der Roterde in jeder Beziehung ähnlich ist, sich in Klüften des Gesteins anhäuft, aber unter den herrschenden klimatischen Faktoren sehr bald in Braunerde übergeht. Die Braunerde selbst bleicht dort unter dem Einfluß der Niederschläge (etwa 1400 mm über das ganze Jahr verteilt) und des Alpenhumus sogar aus, da kann sich selbstredend auch die Roterde nicht auf die Dauer halten; aber im Schneeberggebiet (1350 mm Niederschlag) ist die Roterde gegen die Einflüsse des Alpenhumus sehr widerstandsfähig. Jedenfalls ist die Möglichkeit der Entstehung von Roterde auch in den nördlichen Kalkalpen gegeben, das läßt sich an mehr als einer Stelle nachweisen.

In diesen Fällen handelt es sich um an Ort und Stelle größtenteils aus dem anstehenden Gesteine hervorgegangene Roterden, was sonst, wie wir noch hören werden, nicht gerade allzu häufig vorkommt.

Man muß sich im Gegenteil z. B. im Mittelmeergebiet von dem Gedanken losmachen, als stünde anstehendes Gestein und Boden immer in unmittelbarer genetischer Beziehung; dennoch findet man diese Meinung in manchen Arbeiten über diesen Gegenstand ausgesprochen, obwohl Umlagerungen durch Wasser und Wind dort so sehr in die Augen fallen.

Analog kann man bei der Gelberde, die ja oft genug zugleich mit ausgesprochener Roterde auftritt (und zwar unter genau den gleichen klimatischen Faktoren), beobachten, daß sie in vielen Fällen eben auch schon vorgebildet in

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

den Kalksteinen vorkommt und nach dem Auswittern nur noch kleine Umbildungen durchmacht, bis sie zu Gelberde wird; sie kann aber zweifellos durch den Einfluß eines entsprechenden Klimas allmählich auch in Roterde umgewandelt werden, wie ich das zwischen Lovrana und Medvea (Umgegend von Abbazia) sehr schön wahrnehmen konnte; dort findet man unter Roterde Gelberde.

Gerade der Umstand, daß das anstehende Gestein oft nur stellenweise Rot-, bzw. Gelberde vorgebildet in sich enthält, erklärt auch das nesterweise Vorkommen[22]) dieser beiden Bodenarten in Gegenden, in denen sonst eine andere Bodenart die herrschende ist. Auf diese Verhältnisse hat man insbesondere in den Grenzgebieten der Verbreitung einer bestimmten Bodenart zu achten. So findet man zum Beispiel im Kalkgebiete des Etschtales, südlich von Bozen, wo Braunerde vorherrscht, nesterweise Roterde; sie geht dort auch aus ganz hellen Kalken mit verhältnismäßig geringen roten Einlagerungen und Adern hervor, nicht etwa bloß aus durch und durch rotgefärbten Kalkgesteinen, Dolomiten und Mergeln. Vergl. [21])! Wenn Roterde aus sehr reinen Kalken hervorgeht, wird selbstredend die Bodenbildung nur langsam und in untergeordnetem Maße stattfinden; findet man auf sehr reinen Kalkgesteinen dann und wann trotzdem Roterde in größeren Mengen angehäuft, so erscheint der Verdacht, es habe eine Zufuhr durch Wasser und Wind stattgefunden, wie schon erwähnt, immerhin gerechtfertigt.*) Im allgemeinen möchte ich glauben, daß die weitaus größten Mengen von Roterde aus Kalken und Dolomiten durch Auswitterung einer der Roterde schon einigermaßen ähnlichen Substanz entstanden sind. Der zwingende Nachweis wird allerdings in manchen Fällen nicht zu erbringen sein, wenn nämlich jene Kalk- und Dolomitgesteine, welche roterderatiges Material in sich eingeschlossen hatten, längst bis auf den letzten Rest aufgelöst sind oder wenn die Roterde umgelagert worden ist. Das gilt aber analog auch für alle anderen Bodenarten.

Es wäre nur noch eine Frage zu beantworten: Wie ist so viele rote Substanz in derartige Kalke

*) Man kann in solchen Fällen auch an fossile Bildungen denken. Darüber später noch Genaueres!

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

hineingelangt? Sind doch die sonst so reinen, weißen bis grauen Kalkgesteine des Schneebergs (und natürlich auch vieler anderer Gebiete) stellenweise von einem engmaschigen Netze roter Sprünge und Klüfte durchsetzt. Bestimmt wurden diese rotgefärbten Ausheilungen nicht von oben her, durch vadose Gewässer hervorgerufen. Viel eher durch Eisensäuerlinge, welche aus der Tiefe aufstiegen, die Kalkgesteine in jener Zeit durchströmend, während sie von tektonischen Störungen betroffen, in ihrem ganzen Gefüge erschüttert waren; darauf deuten die Verhältnisse am Schneeberg und auch in den südlicheren Roterdegebieten überall hin, ja man findet gar oft die rote Masse in schaligen Lagen oder auch zugleich mit Kalkspatadern, welche als Kluftausheilungen anzusehen sind, also Neubildungen, wie sie eben durch Quellabsätze entstehen. Es können hiebei auch Thermalwässer beteiligt gewesen sein. Durch die riesigen Mengen roter Masse, welche in den genannten Kalken enthalten ist, erklärt sich auch die auffallende Tatsache, daß man im Schneebergebiete überhaupt Roterde antrifft, nachdem doch die klimatischen Verhältnisse die Entstehung von Braunerde bedingen würden. Diese letztere findet man denn auch tatsächlich in diesem Gebiete überall sonst, wo die rotgesprenkelten Kalke fehlen und gewöhnliche Kalkgesteine anstehen, denn Braunerde ist das für dieses Klima charakteristische Verwitterungsprodukt der Kalkgesteine.

Wir haben uns nun noch mit den Mineralsplittern zu befassen, welche man im Schlämmrückstande der Roterde erhält. Daß diese nicht ausschließlich aus den Kalken und Dolomiten der Roterdegebiete stammen, beweist die Untersuchung solcher Gesteine. Viele dieser Mineralsplitter sind auch zu tadellos in der Erhaltung der Ecken, Kanten und der Farbe, als daß man annehmen könnte, es handle sich um Verwitterungsrückstände von Kalkgesteinen, und aus den gleichen Gründen muß für einen Teil der Minerale auch die Annahme ausscheiden, es habe eine weitgehende Verschwemmung stattgefunden. Allerdings kann die Roterde selbst und mit ihr ein anderer Teil solcher Splitter durch Wasser umgelagert worden sein; als zwingenden Beweis hiefür findet man ja in den Roterden auch

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

etwas gerundete Minerale, ja mitunter Quarzrollsteine bis zu Bohnengröße.

Mit Rücksicht auf die tadellose Beschaffenheit, wie sie viele Minerale in den Schlämmrückständen einzelner Roterden aufweisen, bleibt nur noch die einzige Ansicht übrig, daß dieser Anteil der Mineralsplitter durch Wind herbeigetragen und allmählich in die Roterde eingelagert worden ist.

Für die Schlämmrückstände in der Gelberde von Capri erscheint dies sicher und es handelt sich hier großenteils um sogenannte Kristallsande, intratellurisch, im Magma erstarrte Einsprenglinge, welche aus dem Schmelzfluß bei Eruptionen ausgeschleudert werden. Sie entstammen trachytischen Magmen von Vulkanen auf Ischia oder den Liparen*) und man kann sich unschwer vorstellen, daß heftige Südwinde von den Liparischen Vulkaninseln her wehend den Transport auf rund 240 km Entfernung bewerkstelligt haben. Noch eher können wir an eine Zufuhr von der nahen Insel Ischia her denken, welche seit den ältesten Zeiten von furchtbaren Ausbrüchen betroffen wurde. Ich möchte nun hier gleich die Ergebnisse der petrographischen Untersuchung von Schlämmrückständen aus Roterden folgen lassen, welche ich mit einer Ausnahme (Tschernembl) selbst gesammelt habe.

Die diesbezüglichen Arbeiten wurden unter Mitwirkung von Herrn Prof. E. Weinschenk (München) in dankenswerter Weise von Herrn Dr. J. de V. Malherbe ausgeführt und lassen hinsichtlich der Herkunft der Mineralteile recht verschiedenartige Schlüsse zu.

Die Untersuchungen wurden in folgender Weise ausgeführt:

Die Schlämmrückstände wurden durch ein 0·5 mm-Sieb geschlagen, um sie in Grobsand (>0·5 mm) und Feinsand (0·5 bis 0·06 mm) zu trennen. Staub werden die Teile <0·06 mm genannt. Die beiden ersteren Korngrößen wurden zur optischen Untersuchung benutzt, und zwar der Grobsand unmittelbar, der Feinsand nach vorhergegangener Trennung der Minerale mit Hilfe der Thouletschen Lösung nach ihrem spezifischen Gewichte.[51]) Beim Staub kann diese Scheidung

*) Diese gütigen Mitteilungen über die Schlämmrückstände von Capri verdanke ich Herrn Prof. E. Weinschenk.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

nicht gut vorgenommen werden mit Rücksicht auf die Viskosität der Thouletschen Lösung. Wenn sich nun beim Staub auch noch die mikroskopische Untersuchung erschwert, so fallen diese Umstände doch nicht so schwer ins Gewicht, da die sämtlichen im Staube vorhandenen Minerale sich wohl immer auch schon im Feinsande vorfinden.

Die Bestimmung der Feldspate geschieht durch Einbetten der Körner in Flüssigkeiten von verschiedener, bekannter Lichtbrechung.[51])

Es sei auch hier nochmals ausdrücklichst darauf hingewiesen, daß die Minerale der Schlämmrückstände mit sehr seltenen Ausnahmen geradezu ideal ausgebildet und erhalten sind.

Nachdem die Rückstände vor der Untersuchung behufs Beseitigung organischer Reste schwach geglüht werden mußten, ist Limonit manchmal in Eisenoxyd umgewandelt worden.

Probe I. Schlämmrückstand der Gelberde, gesammelt auf Capri, am höchsten Punkte des Weges zur Marina piccola:

1. Grobsand. Farbe grau.

Bestandteile: Tonkonkretionen, größere eckige und gerundete Quarzkörner, dunkle Bohnerzkügelchen, Orthoklas und Albit in vorherrschend wasserklaren, zum Teil aber auch in mehr gerundeten trüben Körnern, licht-flaschengrüne Kristalle und Bruchstücke von Diopsid.

2. Feinsand. Farbe grau.

Bestandteile, nach der Häufigkeit geordnet:

I. Erz: Limonit, Magneteisen (meist Körner, seltener Oktaeder), Titaneisen.

II. Orthoklas, meist wasserklar, Karlsbader Zwillinge häufig; ausnahmsweise auch Sanidin und Mikroklin.

III. Quarz, eckige Bruchstücke.

IV. Albit bis Oligoklas, etwas trübe, aber auch wasserklare Spaltstücke.

V. Pyroxene: Diopsid, Augit und Ägirinaugit in Kristallen, eckige Körnern und Spaltstückchen.

VI. Hornblende: Grüne Hornblende (vorherrschend) in tiefgrünen bis nahezu schwarzen Kristallen und Bruchstücken; Strahlstein, hellgrüne Spaltstücke und basaltische Hornblende, hervorragend schöne Kristalle.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

VII. Muskowit.

VIII. Granat: Farblose, weingelbe und dunkelbraune Körner (Melanite).

IX. Apatit, zum Teil ziemlich große, schöne Kristalle, sowie auch etwas gerundete Körner.

X. Titanit, meist gelblich gefärbte Bruchstücke (Sphen) und Kristalle.

XI. Disthen, farblose Blättchen, oft mit Faserbruch.

XII. Rutil, gelbliche Säulchen mit haarscharfen Kanten.

XIII. Xenotim, prächtig ausgebildete prismatische Kristalle, lichtrötlich gefärbt.

Von diesen Mineralen machen die Feldspate und der Quarz rund 75% des Feinsandes aus. Die Minerale V. bis X. treten noch verhältnismäßig häufig, die übrigen seltener auf. Das Vorhandensein von viel wasserklarem Orthoklas, grünen Pyroxenen, brauner Hornblende, Xenotim, Sphen, Melanit, sowie Kristallen von Apatit deutet darauf hin, daß ein beträchtlicher Teil der Minerale aus eruptiven Magmen (Reihe Liparit bis Andesit) herstammt. Das spärliche Auftreten von gerundeten Körnern läßt vermuten, daß nur ein kleiner Teil der Minerale vom Winde weiterher getragen wurde.

Probe II. Schlämmrückstand der Roterde von Lussinpiccolo aus Felsen von der Landstraße:

1. Grobsand. Farbe graugrünlich.

Bestandteile: Eckige Bruckstücke von dichtem Kalk; Quarzkörner, die nur selten abgerundet sind; kugelige Körner von Limonit.

2. Feinsand: Farbe schmutzigbraun.

Bestandteile nach der Häufigkeit geordnet:

I. Erz: Limonit, wenig Magneteisen.

II. Quarz: Nur ausnahmsweise gerundet, meist sehr scharf kantig, vielfach wohl ausgebildete prismatische Kristalle, die offenbar aus einem Sedimentgestein herstammen.

III. Kalkspat.

IV. Albit, farblose Körner und Spaltungsstücke.

V. Muskowit, stellenweisen etwas zersetzt.

VI. Epidot, grünlichgelb bis fast farblos.

VII. Chlorit (Klinochlor).

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

I. bis III. sind in gleicher Menge vorhanden und bilden den überwiegenden Teil des Feinsandes. Die Minerale dürften von Sedimentgesteinen herstammen.

Probe III. Schlämmrückstand der Roterde von Lussinpiccolo aus Felsen von dem Wege an der Meeresküste, westlich von Cigale nach der Bocca falsa zu.

1. Grobsand: Farbe schwarzrot.

Bestandteile: Limonitkügelchen und Quarz, letzterer häufig gelbbraun (Eisenkiesel) und vorwiegend als eckige Körner und Bruchstücke.

2. Feinsand. Farbe gelblich.

Bestandteile, nach der Häufigkeit geordnet:

I. Erz: Vorwiegend Limonit, weniger Magneteisen und Eisenglanz.

II. Quarz, vorzugsweise eckige Körner.

III. Feldspate der Reihe Oligoklas bis Albit, die Körner und Blättchen fartlos und ungetrübt.

IV. Muskowit.

V. Orthoklas, zum Teil auch Sanidin.

VI. Hornblende: Strahlstein (meist in hellgrünen Stengeln), grüne Hornblende (auch vorwiegend stengelig), Glaukophan, meist körnig.

VII. Chloritoid; der Sprödglimmer ist graugrün, zeigt vielfach sechsseitigen Umriß und ist am Rande oft verrostet.

VIII. Klinozoisit, farblos.

IX. Epidot, gelbgrün.

X. Sillimannit, farblos.

XI. Granat, zum Teil farblose, weingelbe oder bräunliche Splitter.

XII. Ägirinaugit, gelbgrün.

XIII. Zirkon, farblose gut ausgebildete Kristalle.

XIV. Titanit, eckige gelbe Körner.

XV. Turmalin, Säulchen und Körner von brauner bis gelber Farbe.

XVI. Rutil, braungelbe Körner.

XVII. Disthen, farblose Körner.

Quarz, Erz, Muskowit und Oligoklas bilden den überwiegenden Teil des Feinsandes. Das Vorhandensein so vieler Kontaktminerale zeigt, daß metamorphe Schiefer

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

von zentralalpinem Charakter für die Herkunft der Mineralsplitter wesentlich in Frage kommen. Bei dieser und der nächsten Probe ist die beginnende Verwitterung und Verrostung einzelner Körner, der Mangel an gut ausgebildeten Kristallen und die Rundung der Körner auffallend. Wie die Bestimmungen von Probe II und III zeigen, können selbst nahe beieinander gesammelte Roterden einen recht abweichenden Befund aufweisen. Die Orte, an denen diese beide Proben gesammelt wurden, liegen auch nur etwa 5 km auseinander.*)

Probe IV. Schlämmrückstand der Roterde, gesammelt in einem Steinbruch der Südbahn, nahe St. Peter am Karst. Anstehendes Gestein hellgrauer Hippuritenkalk.

1. Grobsand; Farbe grau und gelbbraun gesprenkelt.

Bestandteile: Graue Kalksteinsplitter, Quarz und kugelige Limonitkörner.

2. Feinsand; Farbe rotbraun.

Bestandteile nach der Häufigkeit geordnet:

I. Erz: Vorwiegend Limonit, weniger Magneteisen.
II. Kalkspat.
III. Muskowit.
IV. Albit bis Oligoklas; stellenweise trüb.
V. Rutil, gelbe Körner.
VI. Apatit, farblose bis gelbliche Körner.
VII. Epidot, gelbliche, farblose Spaltstückchen.
VIII. Zirkon, farblose, prismatische Kristalle und Körner.
IX. Titanit, meistens gelbliche Spaltstückchen.
X. Turmalin, gelblichbraune Prismen.

Probe IVa. Schlämmrückstand der Braunerde, gesammelt bei St. Peter am Karst in den Aufforstungen gegenüber der Eisenbahnstation. Anstehendes Gestein eozäner Nummulitenkalk.

*) Was jedoch Löß proben verschiedener Gegenden betrifft, so herrscht in der mineralischen und chemischen Zusammensetzung gute Übereinstimmung[26]) (im Gegensatz zu den Roterden) eine Erfahrung, die auch hinsichtlich der Ergebnisse der Schlämmanalyse gilt und besonders dann zutage tritt, wenn man nach der Methode von Atterberg[3]) arbeitet, so daß man imstande ist hiedurch allein Löß von ähnlich aussehenden Bildungen sicher zu unterscheiden.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

1. Grobsand: Farbe braun.

Bestandteile: Etwa zu gleichen Teilen Limonit (vorwiegend Bohnerzkügelchen und Quarz, letzterer größtenteils gerundet und manchmal rostig. Graue Kalkstückchen zu etwa 1% Muskowitblättchen.

2. Teile < 0·12 mm, Farbe rotbraun.

Bestandteile nach der Häufigkeit geordnet:

I. Quarz in eckigen Bruchstücken, manchmal etwas rostig.

II. Erz, vorwiegend Limonit, zum geringsten Teil Titan- und Magneteisen.

III. Muskowit (etwa 10%).

IV. Feldspate: klare Spalt- und Bruchstücke von Orthoklas (etwa 1%), Albit-Oligoklas (etwa 2%).

V. Kalkspat und Dolomit, meist graue Spaltstücke.

VI. Amphibole: Hauptsächlich grüne Hornblende, weniger Strahlstein und Glaukophan. Die Spaltstückchen sind durchwegs frisch.

VII. Epidot, sehr häufig vertreten, stets frisch.

VIII. Turmalin, meist dunkelbraune Prismen.

IX. Rutil, gelbe Nadeln und Splitter.

X. Granat, farblose und gelbe eckige Bruchstücke.

XI. Zirkon, kristallographisch vielfach sehr schön.

XII. Disthen, farblose Spaltstückchen.

XIII. Apatit, meist etwas gerundete, farblose Körner.

Die mineralogische Zusammensetzung des Schlämmrückstandes der Braunerde ist mit jener der Roterde von St. Peter, welche rund 3 km davon gesammelt wurde, überaus ähnlich.

Zu diesen Angaben von Dr. Malherbe möchte ich nur noch hinzufügen, daß die unterlagernden Gesteine sowohl, wie die Bodenarten, aus denen die Schlämmrückstände gewonnen wurden, ganz verschieden sind und etwa in der Mitte zwischen den beiden Fundorten aneinandergrenzen. Klimatische Unterschiede für das Vorkommen von Braunerde auf dem eozänen Kalk und Roterde auf dem Kreidekalk sind — wenigstens heute — nicht mehr nachweisbar. Denkbar wäre nur, daß die Braunerde, die in viel größerer Menge als die Roterde vorhanden ist, durch längere Zeit hindurch mit Wald bestockt war, dadurch vor der Ab-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

schwemmung bewahrt und anderseits stets feuchter gehalten wurde, so daß es nicht zur Roterdebildung kommen konnte. Jedenfalls ist die Herkunft der Mineralsplitter trotz der Verschiedenheit der Gesteins- und Bodenarten auf die gleiche Ursache zurückzuführen und wir müssen notgedrungen an Verwehung und Verschwemmung denken.

Probe V. Schlämmrückstand der Roterde von Tschernembl; diese Roterde wurde dem Verfasser durch die k. k. Forstaufsichtsstation Tschernembl in Krain gütigst zugesandt. Die Roterde enthält außerordentlich zahlreiche, bis bohnengroße, teilweise lebhaft glänzende Bohnerzkugeln.

1. Grobsand: Farbe schmutzig-schwarzbraun.

Bestandteile: Quarz (eckige Stückchen) und kugelige Limonitkörnchen zu ungefähr gleichen Teilen.

2. Feinsand: Farbe schwarzgelb.

Bestandteile nach der Häufigkeit geordnet:

I. Quarz, eckige Bruchstücke.

II. Erz: Limonit, ziemlich viel Titan- und Magneteisen.

III. Hussakit, in zahlreichen frischen, lichten, weinrot glänzenden, flächenreichen Prismen mit völlig unverletzten Kanten und Flächen.

IV. Rutil, gelbe bis rötlichbraune Prismen.

V. Staurolith.

VI. Grüner Augit, grüne Säulchen.

VII. Zirkon, farblose Kristalle.

Quarz und Erz bilden in dieser Probe den Hauptanteil. Besonders bemerkenswert ist das Fehlen des Feldspates, während eine Reichhaltigkeit an akzessorischen Mineralen zu beobachten ist; bei diesen macht die vollendete kristallographische Ausbildung und deren ausgezeichnete Erhaltung einen Transport aus weiterer Entfernung ganz unwahrscheinlich.

3. Staubsand: Farbe rotbraun.

Bestandteile wie beim Feinsand, nur zeigen sich mitunter auch Muskowit und Kalkspat.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Probe VI. Schlämmrückstand der Roterde vom Wege Schneeberghotel—Damböckhaus in Karren von Hochgebirgskalk eingelagert.

1. Teile $> 1/8$ mm. Farbe rötlichgrau.

Bestandteile: Limonit und klare, teilweise etwas gerundete Quarzkörner.

2. Teile $< 1/8$ mm.

Bestandteile nach der Häufigkeit geordnet:

I. Quarz, eckige Körner und Bruchstücke.

II. Erz, größtenteils Limonit, hiezu kommt noch viel schwarzes Titaneisen und sparsam Magneteisen.

III. Feldspate, vorwiegend Albit bis Oligoklas, weniger Orthoklas.

IV. Muskowit, manchmal etwas trüb.

V. Granat, farblose bis weingelbe, eckige Körner und Splitter.

VI. Hornblende, vorwiegend frische Spaltstücke von grüner Hornblende, vereinzelt prismatischer Strahlstein.

VII. Turmalin, braunschwarze Prismen, zum Teil kristallographisch schön ausgebildet.

VIII. Rutil, gelbe Prismen, mitunter herzförmige Zwillinge.

IX. Disthen, farblose Spaltstückchen.

X. Epidot, grünlichgelbe Spaltblättchen.

XI. Zirkon, farblose scharf ausgebildete Kristalle.

XII. Chlorit, meist wasserklare, farblose Blättchen von Pennin.

XIII. Apatit, klare prismatische Nadeln.

Von den aufgezählten Mineralen bilden Quarz, Erz, Feldspat und Muskowit über 95% des Rückständes, welcher offenbar von kristallinen Schiefern abstammt.

Probe VII. Schlämmrückstand einer Braunerde vom Schneeberg; diese wurde nahe beim Damböckhaus gesammelt, und zwar an der Einmündung eines in Felsenklüften verschwindenden, zeitweise trockenen Rinnsals.

1. Teile $> 1/8$ mm. Bestandteile: Schwarze Bohnerzkügelchen und eckige, zum Teil etwas gerundete Quarzkörner.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

2. Teile $< {}^1/_8$ mm. Farbe grau, mit vielen Erzteilchen (braunschwarz) und schimmernden Glimmerblättchen durchsetzt.

Bestandteile, nach ihrer Häufigkeit geordnet:

I. Quarz, eckige Körner und Splitter.

II. Erz, vorwiegend Limonit, etwas Titaneisen.

III. Feldspate, ziemlich viel Orthoklas, meist ungetrübt; mitunter Mikroklin; Plagioklas: Albit bis Oligoklas, durchwegs frische Blättchen.

IV. Muskowit, stellenweise etwas trüb.

V. Kalkspat, etwas trüb, aus dem anstehenden Gestein.

VI. Grüne Hornblende.

VII. Turmalin, braunschwarze Prismen.

VIII. Granat, meist farblos, aber auch gelbe eckige Körner.

IX. Disthen, farblose Bruchstücke.

X. Rutil, gelbe Prismen.

XI. Titanit, gelbe und farblose Splitter.

XII. Epidot; grünlichgelbe bis fast farblose Spaltungsstückchen.

XIII. Chlorit, farblose Spaltblättchen.

XIV. Zirkon, schöne farblose Kristalle.

XV. Apatit, farblose Prismen.

Die Zusammensetzung der Schlämmrückstände der Braun- und Roterde vom Schneeberg ist eine ziemlich ähnliche und man darf annehmen, daß in beiden Fällen kristalline Schiefer das Ursprungsgestein der aufgezählten Minerale gewesen sind. Die Entfernung der Fundorte für die beiden Böden beträgt in der Luftlinie etwa 1 km, der Höhenunterschied rund 80 m.

Sand von der Insel Sansego.

Dieser Sand hat eine gelbliche Farbe, untersucht wurden die durch ein 0·25 mm-Sieb gegangenen Teile, davon bestehen etwa 80 Volumprozente aus Körnchen $> {}^1/_{16}$ mm.

Bestandteile, nach ihrer Häufigkeit geordnet:

I. Quarz, eckige Bruchstücke, überwiegend etwas trüb, manchmal rostig.

II. Karbonate, Kalkspat und Dolomit, häufig etwas trüb und rostig.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

III. Glimmer, reichlich vorhanden sind Muskowit und Biotit, beide häufig rostig.

IV. Erz, vorwiegend Limonit, Titan- und Magneteisen.

V. Feldspate, ziemlich frisch, sparsam Orthoklas, häufiger Albit und Oligoklas, ganz selten Mikroklin.

VI. Amphibole, grüne Hornblende, ab und zu etwas rostig, eine eisenreiche Natronhornblende, etwa Arfvedsonit, tiefgrün bis blaugrün, braune Hornblende; Strahlstein und Glaukophan.

VII. Chlorit, ziemlich rostig.

VIII. Epidot, mitunter auch Titanepidot.

IX. Granat, vorwiegend lichtrötlich, sonst farblos.

X. Turmalin, die dunkelbraunen Prismen kommen reichlich vor.

XI. Rutil, gelbe Nadeln häufig.

XII. Titanit.

XIII. Zirkon.

XIV. Zoisit, frisch, farblos.

XV. Klinozoisit.

XVI. Disthen.

XVII. Apatit, meist gerundete Körner, gar nicht selten vorkommend, frisch.

Die mineralogische Zusammensetzung des Sandes zeigt viel Gemeinsames mit den Schlämmrückständen der Roterden von Lussinpiccolo und Cigale. Von letzterem Rückstand unterscheidet sich der Sand durch das häufige Auftreten von Biotit und brauner Hornblende. Im Schlämmrückstand von Lussinpiccolo sind weniger Mineralarten enthalten, doch sind diese identisch mit jenen von Sansego. Das Mineralienverzeichnis stimmt ziemlich genau mit dem überein, welches Prof. Kišpatić aufgestellt hat.[17]) Es sind darin viele für kristalline Schiefer bezeichnende Minerale enthalten und diese sind, wie schon angeführt, vielfach stark verwittert. Man kann diese Minerale also tatsächlich für Verwitterungsreste von Karstkalken ansehen, denn in diesen sind nach Tućan[45]) tatsächlich die Bestandteile kristalliner Schiefer enthalten.[17]) Zur genaueren Verfolgung dieser Frage fehlte leider genügendes Vergleichsmaterial.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Allerdings sind im Sande von Sansego auch noch Minerale aufgefunden worden, welche für die Kärntner Eklogite charakteristisch sind: Blaugrüne Hornblende (Riebeckit), Granat, Rutil, Titanit und endlich typisch eruptive Bestandteile (z. B. braune Hornblende), so daß in diesem Sande doch auch fluviatile und äolische Elemente enthalten sind. Auch der häufige und noch dazu frische Apatit, wie er in den schon stark verwitterten Sanden vorkommt, macht diese Annahme wahrscheinlich.

So weit die Mitteilungen des Herrn Dr. Malherbe; für diese und seine gewissenhaften Untersuchungen möchte ich ihm auch an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen.

Es geht also aus den Angaben des Herrn Dr. Malherbe hervor, daß einerseits die Lösungs-, bzw. Rückstandstheorie für die untersuchten Minerale von Lussinpiccolo, Cigale und Sansego außer allem Zweifel ist, daß aber außerdem Verschwemmung und Verwehung nicht in Abrede gestellt werden können und diese Schlüsse darf man wohl von den Mineralen auch auf die Roterden selbst übertragen.

Besonderen Dank schulde ich Herrn Prof. Kišpatić, welcher mir eine Probe des Sandes zusandte, zumal dieser in der gegenwärtigen Kriegszeit sonst kaum zu bekommen gewesen wäre, denn in verschiedenen geologischen Sammlungen Wiens befindet sich merkwürdigerweise nichts davon, trotzdem es sich um ein Sediment von etwa 90 m Mächtigkeit handelt; der Sand ist auf lichten Rudistenkalk aufgelagert und letzteres Gestein ragt nur ganz wenig über den Meeresspiegel empor. Auch mir machte die Insel bei meinem Besuch im Jahre 1912 den Eindruck einer Lößlandschaft, die Schlämmanalyse (nach Atterberg) ergibt aber bei diesem Sande ganz andere Resultate als bei Löß aus verschiedenen Gegenden. Kišpatić hatte nun die Ansicht ausgesprochen,[17]) daß der Sand mit allen seinen Bestandteilen aus den Karstkalken und -dolomiten stamme, durch unterirdische Flüsse des Karstes fortgetragen und unter dem Meer angehäuft worden sei; nach der Ablagerung sei die Insel dann gehoben worden.[17])

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Nach dieser Erklärung müssen denn auch die im Sande aufgefundenen Minerale die gleichen sein, wie die in der *Terra rossa* enthaltenen.

Daß dies tatsächlich zutrifft, hat die mikroskopische Untersuchung erwiesen, nur kämen nach Dr. Malherbes Mineralverzeichnis eben noch fluviatile und äolische Bestandteile hinzu. Von Bedeutung ist noch die Angabe von Professor Kišpatić, daß zur Bildung des Sandes von Sansego eine hundertfache Menge Kalkgesteine aufgelöst worden sein muß.[17])

Eines der hauptsächlichsten Ergebnisse der mikroskopischen Analyse besteht in der Feststellung des ausgezeichneten Erhaltungszustandes, wie er einem so großen Teile der Minerale eigen ist, welche in den Roterdeschlämmrückständen gefunden wurden.

Man wird hiedurch zu der Annahme gedrängt, daß die Sedimente, bzw. kristallinen Schiefer, aus denen sie herstammen, unter dem Einfluß eines sehr trockenen Klimas verwittert sind. Wenn auch manche Kristalle und Minerale zweifellos durch einen längeren Transport abgenützt sind, so sind doch wiederum andere und noch dazu leicht verwitterbare Minerale, wie Feldspate und Xenotim, so tadellos schön und frisch, daß sie unmöglich einer Verwitterung in feuchtem Klima und einer starken Verschwemmung oder Verwehung ausgesetzt gewesen sein können, denn dagegen spricht allzu sehr der mikroskopische Befund. Jedenfalls sollte man bei derartigen Untersuchungen stets genau auf den Erhaltungszustand der Minerale achten und vor allem einen etwaigen Gehalt an Bestandteilen vulkanischer Herkunft angeben, wie solche in den sämtlichen untersuchten Proben mehr oder weniger vorhanden sind, selbst in dem Sande von Sansego. Nur läßt es sich schwer sagen, aus welchem Eruptionsgebiete diese Art von Mineralen stammt. Diesbezüglich könnten selbst ehemals tätige, längst ins Meer versunkene Vulkane in Frage kommen. Solche mögen vielleicht einst innerhalb der Adria vorhanden gewesen sein.

Der den Fundorten meiner mikroskopisch untersuchten Roterden II bis V nächstgelegene, heute noch nachweisbare

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Eruptionsherd des Südens wäre in den Colli Euganei bei Padua zu suchen.

Durch den Umstand, daß in den Rot-, Gelb- und Braunerden unverwitterte Mineralsplitter, zuweilen in sehr erheblichen Mengen, vorhanden sind, wird natürlich die Brauchbarkeit der Analysen für die Beurteilung dieser Bodenarten und ihrer Entstehung wesentlich beeinträchtigt, da ja ganz unverwitterte Minerale in die Analyse des Bodens miteinbezogen werden. Richtiger wäre es, zur chemischen Analyse nur die Teile $<0{\cdot}006$ mm zu verwenden, denn alle anderen größeren Teile (erhalten nach der Atterbergschen Schlämmethode) schließen unverwitterte Minerale ein, die zu Trugschlüssen Veranlassung geben können, wenn man sie mitanalysiert. Je nach dem Ausfall der Schlämmanalysen dürfte man höchstens noch die Teile $<0{\cdot}02$ mm mit zur chemischen Analyse verwenden, falls diese Fraktion noch gleichmäßig rot ist, was bei vielen Roterden schon nicht mehr zutrifft. Jedenfalls aber zeigen alle anderen noch größeren Teile eine recht helle, oft fast weiße Farbe, so daß man diese Anteile nicht als eigentliche Roterde bezeichnen kann.

Nach den gleichen Gesichtspunkten wäre bei den anderen Bodenarten zu verfahren, soweit es sich um exakte Untersuchungen handelt. Für die Nährstoffanalyse bräuchte man natürlich nicht so kritisch vorzugehen, wenn man das Nährstoffkapital bestimmen will.

Was die Roterde Süditaliens betrifft, wurde, wie erwähnt, in neuerer Zeit die Ansicht geäußert, daß es sich dort um äolische Ablagerungen, dem Löß entsprechende Bildungen, handle.[12]) Aus dem durch Wind herzugetragenen Staub soll durch eine weitgehende Hydratisierung der Silikate und Auswaschung der Alkalien endlich Roterde (reich an freiem Aluminium- und Eisenhydroxydgel) hervorgehen. Die klimatischen Verhältnisse Süditaliens berechtigen wohl zu dieser Annahme; das Vorkommen von Roterde auf verschiedenen Gesteinen, nicht nur auf Kalkgesteinen, auf welchen allein in den von mir bereisten Gegenden diese Bodenart vorkommt, lassen die Vermutung, es handle sich in Süditalien bei der Roterde um eine lößartige Ablagerung, nicht ungerechtfertigt erscheinen; auch der minera-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

logische Befund der süditalienischen Roterden (in welcher Sandkörnchen enthalten sind mit abgerundeten Ecken und Kanten, Mineralteilchen von einer Art, wie man sie in den unter Roterde anstehenden Kalkgesteinen Süditaliens nicht findet) spricht für die Lößhypothese. Dennoch zeigt uns die Untersuchung der Schlämmrückstände aus der Gelberde von Capri, einen wie bedeutenden Anteil gerade in Süditalien auch die rein vulkanischen Produkte ausmachen. Die Entstehung der *Terra rossa* ist früher schon mit eruptiven Erscheinungen in Verbindung gebracht worden, wenn auch ohne triftigen Grund.[37]) Aber für die Gelberde Capris (und auch für die Roterde, die auf der Insel da und dort vorkommt) ist die Gegenwart vulkanischen Materials durch die mikroskopische Untersuchung sicher festgestellt; leichter angreifbare Minerale und besonders die Asche von Eruptionen, welche schon in früheren Zeiten stattgefunden haben, sind natürlich längst verwittert und in Boden umgewandelt. Die Menge leichtzersetzlicher vulkanischer Produkte entzieht sich also jedenfalls ganz und gar unserer Schätzung.

Schlußwort.

Für die von mir untersuchten Roterden läßt sich, was ihre Entstehung betrifft, annehmen, daß die Hauptmenge derselben schon im Gesteine vorgebildet war (als Ausfüllung von Sprüngen, Klüften, Hohlräumen, Drucksuturen, Zwischenlagen, Zement von Breccien, in Form von Konkretionen oder eingeschlossenen Tiefseetones), dann auswitterte und nun noch manche chemische Umwandlung erlitten haben muß, bis die eigentliche Roterde daraus hervorging. Manche Kalkgesteine enthalten auch Sporogelit[18]) in feinster Verteilung, aus dem ebenfalls Roterde hervorgehen kann. Auf langsamere Weise kann ein kleiner Gehalt an Tonerde- und Eisenmineralen überhaupt (Schwefelkies usw.), wie ihn ja viele Kalke und Dolomite enthalten, zum gleichen Resultate führen.*) Eisenhältige Gewässer können den Anteil

*) Ich habe früher schon in einer Abhandlung[18]) auf die Vorgänge hingewiesen, welche sich bei der Roterdebildung abspielen, wenn es sich um solche reinere Gesteine handelt. Kolloidchemische Reaktionen sind dabei zweifellos beteiligt, die alkalische Reaktion bei Gegenwart von kohlensaurem Kalk muß die Ausfällung von Eisenhydroxydgel und damit seine Anreicherung in

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

des Eisenhydroxyds in der Roterde wesentlich erhöhen. Ich konnte ja nachweisen, wie stark Eisenlösungen von der Roterde absorbiert werden.[23])

Die fertige Roterde erleidet dann durch Wind und Wasser derartige Umlagerungen, daß sie nur mehr in den seltensten Fällen eine Verwandschaft zu dem anstehenden Gestein aufweist.

Während und nach der Bildung der Roterde spielt besonders die äolische Zufuhr eine große Rolle. Als sicher durch Wind herbeigetragen kann man nur jene Anteile der Roterde an Mineralsplittern bezeichnen, welche eine sehr gute Erhaltung aufweisen, so daß sie unmöglich als Verwitterungsrest von Sedimenten (Kalken und Dolomiten) oder als durch Wasser herbeigeführtes Material aufgefaßt werden dürfen. Wir können indes nicht einmal annähernd schätzen, wie viel von der Roterde äolischer Zufuhr zuzuschreiben ist, da ja die allerfeinsten Teilchen längst verwittert sind und somit ihre Menge auf keine Weise einer festgestellt werden kann. Somit entzieht sich unserer Kenntnis, wie viel feinster Staub (sei er nun vulkanischer Natur oder Deflationsmaterial) im Laufe der Zeit mit Hilfe der Winde in die Roterde hineingelangt ist.

Zweifellos müssen manche Roterden als Aequivalente von Löß aufgefaßt werden; dies scheint besonders für Süditalien[12]) zu gelten. Dann kann Roterde, wie für diese Gegenden nachgewiesen wurde, auf beliebigen Gesteinsarten vorkommen, nicht nur auf Kalken und Dolomiten.[12])

Besondere Beachtung ist fossilen Vorkommen von Roterde zu schenken; diese können teils noch die ursprüngliche Farbe aufweisen, teils können sie sich in Braunerden verwandelt haben (Mitteilung von Herrn Prof. Meigen). Fossile Roterde wird man in erster Linie dann vermuten

---

der Roterde jedenfalls begünstigen, hydrolytische Spaltungen können zu einer Anhäufung der Tonerde führen[47]) [48]). Auch hier kann es, wie noch besonders zu erwähnen sein wird, nicht bloß eine einzige Möglichkeit geben, wie Roterde aus spärlichen Beimengungen der Kalkgesteine in Form Eisenerzen und Tonerdesilikaten hervorgehen kann. In diesem Aufsatze auch noch auf chemische Einzelheiten einzugehen, würde vom eigentlichen Thema gar zu weit abführen. Aus dem gleichen Grunde ist es unmöglich, das Verhältnis der Roterde zum Laterit zu besprechen.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

müssen, wenn man Anhäufungen dieser Bodenart als nachweislich aus sehr reinen Kalkgesteinen entstanden bezeichnen kann, denn in solchen Fällen wären sehr große Zeiträume zu ihrer Entstehung notwendig gewesen.

Von fossilen Roterden ist in der Literatur wiederholt die Rede;[56]) die Bildung einer ungarischen Roterde ist zum Beispiel im Tertiär erfolgt.[16]) Fossile Vorkommen sind durchaus nicht immer aus Kalkgestein hervorgegangen. Man muß aber, wie ich früher schon erwähnte, mit der Anwendung des Ausdruckes „Roterde" vorsichtig sein. Jedenfalls steht das eine fest, daß man nicht für alle Roterden die gleiche Art der Entstehung annehmen darf. Darauf wurde schon von anderen Autoren[10]) hingewiesen und diese Tatsache geht vor allem aus der mikroskopischen Untersuchung der Schlämmrückstände hervor.

Somit kann auch nicht eine bestimmte Theorie von der Entstehung der Roterde als die allein richtige angesehen werden, sondern es müssen die örtlichen, oft recht stark wechselnden Verhältnisse berücksichtigt werden. Man denke vergleichshalber doch nur einmal daran, auf wie mannigfaltige Weise Lehme und Tone entstehen können und welche heute kaum mehr nachweisbaren Einflüsse örtlich mitgewirkt haben können.

Die Vorgänge in der Natur können erst nach vollkommener Erfassung aller Haupt- und Nebenumstände gesetzmäßig dargestellt werden. Und hier ist besonders zu berücksichtigen, daß gar oft mannigfache Wege und Umwege zum gleichen Ziele führen.

Nach Abschluß dieses Manuskripts erhielt ich von Herrn Dr. E. Blanck (Rostock) die Korrekturbogen seiner umfangreichen Abhandlung: „Kritische Beiträge zur Enstehung der Mediterran-Roterde" zugesandt, welche in den „Landw. Vers, Stat," erscheinen wird.

In diesem Aufsatze wird die Unzulänglichkeit der Lösungs-, bzw. Rückstandshypothese dargelegt. Herr Dr. Blanck gibt selbst eine Erklärung der Roterdebildung, welche vor allem die Anhäufung des Eisens restlos dartun soll. Es sollen nämlich „geologische Diffusionen"[25]) stattfinden, der Kalk des anstehenden, von Sprüngen und Klüften durchzogenen Gesteins soll meta-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

somatisch verdrängt werden durch zirkulierende Eisenlösungen. Diesen Lösungen würde die Diffusion mittelbar durch die Anhäufung eisenreicher Produkte in den Spalten und Klüften ermöglicht. Die diffundierenden Lösungen bräuchten gar nicht vom Gangmaterial selbst geliefert zu werden, sondern könnten, wie Liesegang[25]) meint, diesem auch aus weiter Entfernung zugeführt werden. Bezüglich aller Einzelheiten muß auf das Original verwiesen werden.

Herr Dr. Blanck meint auch, die früher schon erwähnten Kalkkonkretionen von braunroter Farbe, wie ich sie am Mont Borron (und später bei Cigale) in die Roterde eingebettet fand, seien auf metasomatischem Wege entstanden, wie das schon früher für ähnliche Gebilde nachgewiesen wurde.[7]) Nur handelt es sich hiebei, wie ich anfügen möchte, nicht um „die von der Vererzung noch nicht ergriffenen letzten Kalkbruchstücke", sondern um Vorgänge im anstehenden, zerklüfteten Gesteine selbst. Die Ergebnisse der Metasomatose hängen nämlich entweder noch mit dem Gesteine fest zusammen oder aber sie sind allmählich ausgewittert und als fertige Konkretionen in die Roterde der Umgebung hineingefallen. Nichts deutet aber darauf hin, daß es sich um Überbleibsel von anstehendem Gestein, um „letzte Kalkbruchstücke" handelt, am allerwenigsten die knollige, nierige bis traubige Gestalt.

So viel, was die sogananuten Konkretionen (auch von K. Boden[7]) werden sie als solche bezeichnet) betrifft.

Die oben gegebene Erklärung des Herrn Dr. Blanck für die Entstehung der Roterde selbst mag für manche Fälle, besonders wenn es sich um sehr reine Kalke handelt, gewiß zutreffen.*) Sie ist eben auch eine der Möglichkeiten, wie Roterde entstehen kann. Allein ich glaube, man wird von geologischen Diffusionen, die doch sehr langsam vor sich gehen, nur in jenen Fällen sprechen dürfen, in denen zirkulierende Gewässer lange Zeit hindurch gewirkt haben. Das kann aber für die Karstkalke sicher nicht überall und in allen Schichten angenommen werden, denn diese liegen ja doch schon sehr lange von der schützenden Flysch-

*) Für die Entstehung der Roterde aus sehr reinen Kalken genügt uns, wie des öfteren angedeutet wurde, die Annahme eines Lösungsrückstandes nicht.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

decke entblößt da; sie wurden von der Verwitterung bald dermaßen durchfurcht und damit durchlässig, daß man sich schwer oberflächlich zirkulierende Gewässer (welche Eisenlösungen hätten herbeischaffen können) vorzustellen vermag. Zum mindesten würde die Diffusionshypothese rezente Roterdebildungen in den oberen Schichten der Karstkalke nicht erklären können, da ja der Strom des Grundwassers schon längst sehr tief gesunken ist und auch die Sickerwässer in den seiger stehenden Schichten schnellstens verschwinden. Für die frühesten Zeiten, da die Karstkalke noch wenig von Verwitterungsklüften durchzogen waren, mag die genannte Annahme Geltung haben. Sie erklärt also das Zustandkommen mancher fossiler Roterden. Heute könnte nach der Diffusionshypothese nur mehr in tief liegenden Klüften und Einsenkungen (Dolinen usw.), welche jetzt noch zirkulierende Lösungen führen, Roterde entstehen; restlos wird die Eisenanreicherung durch die Liesegangschen „geologischen Diffusionen" aber nicht erklärt.

Einschlägige Literatur:

Die ältere Literatur über Roterde wird als bekannt vorausgesetzt; sie findet sich, soweit ich sie nicht selbst angegeben habe, in den angeführten Literaturnachweisen lückenlos erwähnt.

[1]) Alluard: Staubtransport in der Auvergne. (Zitiert von Ehrenberg: Die Bodenkolloide, S. 208.)

[2]) Atterberg A.: Die Bestandteile der Mineralböden. (C. R. I. Internat. Agrogeol. Konf. 1909.)

[3]) Derselbe: Die mechanische Bodenanalyse usw. (Mit Abbild. des Schlämmapparates.) (Internat. Mitt. f. Bodenkunde 1912, Heft 4.)

[4]) Derselbe: Die Plastizität und Bindigkeit liefernden Bestandteile der Tone. (Internat. Mitt. f. Bodenkunde 1913, Heft 4.)

[5]) Blanck E.: Beiträge zur Kenntnis der chem. und phys. Beschaffenheit der Roterden. (Journ. f. Landw. 1912.)

[6]) Derselbe: Über die Beschaffenheit der in norditalienischen Roterden auftretenden Konkretionen. (Mitt. d. landw. Institute Breslau 1911.)

[7]) Boden K.: Beiträge zur Geologie der Veroneser Alpen. (Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1915.)

[8]) Ehrenberg P.: Die Bodenkolloide. (Dresden und Leipzig 1915.) Im Abschnitte »Wind« (S. 207—217) eine außergewöhnlich reiche Zusammenstellung einschlägiger Arbeiten!

[9]) Derselbe: Der Kolloidton. (Kolloid-Zeitschr., XVII. Bd. 1915, Heft 2.)

[10]) Fach B.: Chem. Untersuch. über Roterden und Bohnerze. (Diss. Freiburg i. B. 1908.) Hierin werden auch die früheren Ansichten über die

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Entstehung der Roterde im Auszuge mitgeteilt. (Zippe, v. Hauer, Stache, Tietze, Neumayr, v. Lorenz, Fuchs, Vinassa de Regny usw.)

[11]) Früh J. zitiert von Ehrenberg: »Die Bodenkolloide«, S. 207.

[12]) Galdieri A.: L' origine della terra rossa. (Boll. d. Soc. di Naturalisti und Ann. della R. Scuola d' Agricolt. di Portici 1913.) Von der zweiten Abhandlung, die ebenfalls in italienischer Sprache abgefaßt ist, konnten nur die »Conclusioni« Berücksichtigung finden.

[13]) Glinka K.: Die Typen der Bodenbildung. (Berlin 1914.)

[14]) Götzinger G.: Zur Frage des Alters der Oberflächenformen der östl. Kalkhochalpen. (Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. Wien, 1913.)

[15]) Henning Ch. L.: Über den Ursprung des Löß. (Internat. Mitt. f. Bodenkunde 1912, Band I, Heft 6.)

[16]) Kayser E.: Lehrbuch der Geologie. (Stuttgart 1912.)

[17]) Kišpatić M.: Der Sand der Insel Sansege etc. (Verh. der k. k. Geol. R.-A. 1910.)

[18]) Derselbe: Bauxite des kroat. Karstes. (Neues Jahrb. f. Min. etc. Beilagebd. XXXIV.)

[19]) Kramer E.: Über die Bildungsweise der Terra rossa des Karstes. (Mitt. d. Musealver. f. Krain, XII. Jahrg.)

[20]) Lang R.: Rezente Bohnerzbildung auf Laterit etc. (Zentralbl. für Min. etc., 1914.)

[21]) Derselbe: Versuch einer exakten Klassifikation der Böden etc. (Internat. Mitt. f. Bodenkunde 1915.)

[22]) Leiningen W.: Reiseskizzen aus dem Süden. (Naturw. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtsch. 1907.)

[23]) Derselbe: Beiträge zur Oberflächen-Geol.- u. Bodenkunde Istriens (ebenda 1911).

[24]) Derselbe: Über Humusablagerungen in den Kalkalpen und im Gebiete der Zentralalpen. (Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landw. 1908/9 und 1912.)

[25]) Liesegang R. E.: Geologische Diffusionen. (Dresden und Leipzig 1913.)

[26]) Meigen W. und Schering H. G.: Chemische Untersuchungen über Löß und Lehm aus der oberrheinischen Tiefebene. (Mitt. d. Großh. Bad. Geol. L.-A., VII. Band, 2. Heft, 1914.)

[27]) Meigen W. und Werling: Über den Löß der Pampasformation Argentiniens. (Ber. d. Naturf.-Ges. Freiburg i. Br., Band XXI.)

[28]) Niklas H.: Chemische Verwitterung der Silikate und Gesteine. (Wien, Berlin, London 1912.)

[29]) Nordenskjöld A. E.: Kryokonit. (Poggendorfs Ann. 1874.)

[30]) Obrutschew W.: Zur Frage der Entstehung des Löß. (Ref. in Petermanns Geogr. Mitt. 1911.)

[31]) Passarge S.: Physiologische Morphologie. (Hamburg 1912.)

[32]) Paul H.: Die Kalkfeindlichkeit der Sphagna. (Mitt. d. k. bayer. Moorkulturanstalt, Heft 2, 1908.)

[33]) Rohland P.: Die kolloiden Eigenschaften der Terra rossa. (Kolloid-Zeitschr. XV. Band 1914, Heft 2.)

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

[34]) Derselbe: Die Kolloide der tonigen und Humusböden. (Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 1914, Heft 8 und 1915, Heft 8 und 9.)

[35]) Derselbe: Die Adsorptionsfähigkeit der Böden. (Internat. Mitt. f. Bodenkunde 1914, Heft 4/5 und 1915, Heft 2.)

[36]) Sapper K.: In den Vulkangebieten Mittelamerikas und Westindiens. (Stuttgart 1905.)

[37]) Schierl A.: Über die Terra rossa des Karstes. (XXIII. Jahresb. der deutschen Landesoberrealschule in Mähr.-Ostrau 1906.)

[38]) Schwarz R.: Chemische Untersuchungen über Bohnerztone usw. (Diss. Freiburg i. Br. 1910.)

[39]) Selch E.: Terra rossa. (Sil. Zeitschr. I. Jahrg.)

[40]) Stremme H.: Eisenoxydbildung in den Sedimentgesteinen. (Zeitschrift f. prakt. Geologie 1910, Heft 1.)

[41]) Derselbe: Laterit und Terra rossa als illuviale Horizonte humoser Waldböden. (Geol. Rundschau, Band V, Heft 7.)

[42]) Derselbe: Die Verbreitung der klimatischen Bodentypen in Deutschland. (Branca-Festschrift 1914.)

[43]) Treitz L.: Was ist Verwitterung? (C. R. I. Internat. agrogeol. Konf. Budapest 1909.)

[44]) Derselbe: Die Bildungsprozesse des Bodens im Westen des pannon. Beckens. (Jahresb. der kgl. ung. geol. R.-A. für 1912.)

[45]) Tućan Fr.: Terra rossa etc. (Neues Jahrb. für Min. etc. Beilageband XXXIV.)

[46]) Vageler P.: Untersuchungen über den Kaligehalt des Moorbodens. (Bericht über die Arbeiten der kgl. bayer. Moorkulturanstalt 1904.)

[47]) Derselbe: Phys. und chem. Vorgänge bei der Bodenbildung in den Tropen. (Fühlings Landw. Zeitung 1910.)

[48]) Derselbe: Die Entstehung des Laterits usw. (Mitt. der D. L. G. 1913.)

[49]) Walther J.: Geologie Deutschlands. (Leipzig 1910.)

[50]) Derselbe: Das Gesetz der Wüstenbildung. (Leipzig 1912.)

[51]) Weinschenk E.: Grundzüge der Gesteinskunde. (Freiburg i. Br. 1907 und 1913.)

[52]) Derselbe: Die gesteinsbildenden Mineralien. (Freiburg i. Br. 1915.)

[53]) Wohltmann F.: Die natürlichen Faktoren der tropischen Agrikultur. (Leipzig 1892.)

Nachtrag:

[54]) Passarge S.: Über Laterite und Roterden in Afrika und Indien. (Ber. des VI. Internat. Geogr. Kongr. London 1895.)

[55]) Kerner F.: Geol. Verh. der Umgebung des Petrovo Polje in Dalmatien. (Verh. der k. k. Geol. R.-A. 1894, S. 415.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Austrian Journal of Earth Sciences

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: 8

Autor(en)/Author(s): Leiningen-Westerburg Wilhelm Graf zu

Artikel/Article: Ueber die Einflüsse von äolischer Zufuhr auf die Bodenbildung. 139-177