

18

9

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298511

xxx
325

Die
Entstehung unserer Thongesteine.

Von

Dr. M. Fiebelkorn.

Separat-Abdruck aus der „Baumaterialienkunde“ Heft 15/16,
17, 18 und 19. — V. Jahrgang 1900.

Herausgeber: Prof. H. Giessler in Stuttgart.

F. Nr. 26843



Druck von Stähle & Friedel in Stuttgart.

xxx
325

II 31814



Akc. Nr.

4599 | 50

Separat-Abdruck aus der „Baumaterialienkunde“.

Heft 15/16, 17, 18, 19. — V. Jahrgang 1900.

Herausgegeben von Prof. H. Giessler in Stuttgart.

Die Entstehung unserer Thongesteine.

Von Dr. M. Fiebelkorn.

Verwitterung.

Unter Verwitterung verstehen wir die Veränderungen, welche die Mineralien durch das gemeinsame Zusammenwirken chemischer und physikalischer Kräfte erleiden. Als wirksamste Kraft treten uns wässrige Lösungen entgegen, welche entweder in der Hauptsache Kohlensäure und Sauerstoff enthalten, die zusammen mit dem Wasser dann die sog. einfache Verwitterung hervorrufen, oder Salze u. dgl. mit sich führen und dann die sog. komplizierte Verwitterung bedingen.

Wasser ist auf der Erde überall vorhanden, sei es in Gestalt von Flüssen, Bächen, Quellen etc., sei es als Regen, der periodisch auf die Erdoberfläche niederfällt und die in die Tiefe dringenden Sickerwässer entstehen lässt. Durchlässige und undurchlässige Schichten weisen ihm auf seinem Laufe in die Tiefe die mannigfaltigsten Wege. Bei seiner Tätigkeit als Verwitterungsmittel hat das Wasser die Eigenschaft, bei 4° C. seine grösste Dichte zu besitzen und sich in höheren und tieferen Temperaturen auszudehnen. Es dringt in alle Sprünge, Poren und Haarrisse der Gesteine ein und sprengt

beim Gefrieren ihre Hülle. Besonders stark macht sich die Erscheinung in den Gebirgen bemerkbar, wo der Temperaturwechsel ein häufiger ist und Nachfröste öfter eintreten, als in der Ebene.

Ehe das Wasser in die Poren und Haarrisse der Mineralien eindringen kann, müssen ihm jedoch andere Kräfte vorarbeiten, um jene Poren und Risse zu erzeugen. Einerseits werden hierzu Spannungen beitragen, die in dem Gesteine von seiner Abkühlung her vorhanden sind, andererseits sollen kleine Organismen in Thätigkeit treten, die in das Gestein eindringen und eine Lockerung desselben hervorrufen.¹⁾ Hat dieselbe einmal begonnen, so ist es für das Wasser natürlich leicht, den begonnenen Prozess zu vollenden, und es wird dabei noch wesentlich durch die Vegetation unterstützt, die in vielen Gegenden auf das kräftigste an der Zerstörung der Gesteine beteiligt ist. In die feinsten Risse dringen die zarten Wurzelfäden der Bäume ein und erweitern die in Beschlag genommene Kluft mit ihrem Wachstum mehr und mehr. Wie uns unsere Gebirge täglich zeigen, sind Baumwurzeln imstande, riesige Felsblöcke vom Muttergesteine loszusprenge und die Bergabhänge allmählich in Schutthalden zu verwandeln.

Bereits aus der Luft bringt das Wasser einen gewissen Prozentsatz an Kohlensäure und Sauerstoff mit. Vergrößert wird dieser Vorrat beim Zirkulieren des Wassers an und unter der Erdoberfläche durch die Kohlensäure, welche aus Pflanzenstoffen entsteht, die bei ungehindertem Luftzutritt in Zersetzung übergehen. Durch den Gehalt an Kohlensäure wird die lösende Kraft des Wassers bedeutend vergrößert

Schon reines Wasser wirkt auf die meisten Mineralien lösend ein und greift sie an, die einen schneller, die anderen langsamer, manche schwerer,

¹⁾ *Muntz*: Sur la décomposition des roches et la formation de la terre arable. Compt rend. 1108, p. 1370—1372.

manche leichter. *C. Dölter*¹⁾ fand z. B., dass Anorthit, in Gestalt feingeschlämmten Pulvers mit destilliertem Wasser in verschlossenen Glasröhren oder Flintenläufen mehrere Wochen lang auf 80° und höher erhitzt, gelöst wurde. Eine gleiche Löslichkeit in destilliertem Wasser stellte *E. W. Hoffmann*²⁾ für Talk, Kaliglimmer, Magnesiaglimmer etc., fest. Er beobachtete, dass ein Teil Talk 115 000 Teile Wasser, ein Teil Magnesiaglimmer 340 000 Teile Wasser zu seiner Lösung gebraucht. Die Wirkung des reinen Wassers auf Kalifeldspat studierte *Daubrée*³⁾, indem er Wasser und Feldspat in einer rotierenden Trommel zusammenbrachte. Es ergab sich, dass das Wasser nach Beendigung des Versuches beträchtliche Mengen von Kali und Kieselsäure enthielt. *F. W. Clarke*⁴⁾ gab etwas Material auf ein auf einem weissen Blatt Papier ruhendes Uhrglas und fügte einen Tropfen alkoholischer Phenolphthaleinlösung, sowie einige Tropfen reines Wasser hinzu. In den meisten Fällen erfolgte die Reaktion sofort. Orthoklas gab keine Färbung, Leucit und Skapolit gaben eine Spur Färbung, Albit, Nephelin und Phlogopit lieferten deutliche Reaktionen. Thomsonit, Aegirit, Natrolit, Cancrinit, Sodalit, Pektolit und Apophyllit gaben sofort eine tiefe Rosafärbung. Von den Glimmern zeigen Muscovit und Lepidolit nur eine geringe oder keine Löslichkeit, während Phlogopit deutlich angegriffen wird. Von Felsarten gaben ein Granit und ein Amphibolgabbro keine alkalische Reaktion. Ein Rhyolit, Trachyt, Leucit, Basalt und Diorit gaben schwache Spuren von Färbung, während Granit, Gneiss, Phonolit, Diabas und Comptonit deutliche

1) *Tschermak's Mineral. Mitteil.* 1890, p. 319—330.

2) *Untersuchungen über den Einfluss von gewöhnlichem Wasser auf Silikate.* Dissertation. Leipzig 1882.

3) *Experimentalgeologie* S. 206.

4) *Die alkalische Reaktion einiger natürlicher Silikate.* Journ. Amer. Chem. Soc. 1898, p. 739.

alkalische Reaktionen gaben. (Die Felsarten wurden mit Wasser und sehr wenig Phenolphthalein zwei Wochen lang in Flaschen behandelt, und durch Kontrollversuche mit reinem Wasser und Phenolphthalein wurde erwiesen, dass das Glas keine Färbung gab.)

Kohlensäurehaltiges Wasser wirkt auf die Mineralien in noch bedeutend höherem Masse lösend als reines Wasser. Besonders leicht löslich durch kohlensäurehaltiges Wasser sind die Carbonate. Während 10 000 Teile reinen Wassers nur 0,13 Teile Calciumcarbonat zu lösen vermögen, stellt sich die Menge des gelösten Calciumcarbonates für 10 000 Teile kohlensäurehaltigen Wassers auf 10 Teile. Die *Geb Brüder Rogers*¹⁾ prüften feingepulverte Mineralien auf ihre Löslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser dadurch, dass sie sie auf einem Filter mit Wasser behandelten, das mit Kohlensäure gesättigt war. Sie fanden dabei u. a. die Löslichkeit folgender Mineralien: Kalifeldspat, Natronfeldspat, Sanidin, Labrador, Glimmer, Leucit u. a. *K. Müller*²⁾ hat die durch Behandlung mit kohlensäurehaltigem Wasser unter drei bis vier Atmosphären Druck in Lösung gehenden Bestandteile quantitativ bestimmt und fand, dass von 100 Teilen in Lösung gegangen waren:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	P ₂ O ₅	FeO	% der angewandten Menge
Adular	0,1552	0,1368	1,3527	—	—	Spur	—	Spur	0,328
Oligoklas	0,237	0,1713	Spur	2,367	—	3,213	—	Spur	0,533

Die Versuche *Müller's* haben gezeigt, dass im allgemeinen am meisten Kalk und Eisenoxydul, am wenigsten Thonerde und Kieselsäure durch kohlensäurehaltige Wasser zersetzt werden. Adular widersteht dem kohlensäurehaltigen Wasser bedeutend

¹⁾ *Bischof*: Chem. Geol., 2. Aufl. I, S. 215.

²⁾ *Tschermak's* Mineral. Mitteil. 1877, p. 25.

länger als Oligoklas, Feldspat dagegen länger als Hornblende.

Die Wirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers wird noch weiter unterstützt durch eine Reihe organischer Stoffe, welche sich neben Kohlensäure bei der Zersetzung von verwesenden Pflanzenstoffen unter Luftzutritt bilden; dahin gehören Humin und Gein, Humussäure und Geinsäure, Glieder der Fettsäurereihe, wie Ameisensäure etc. Diese alle wirken mit der Kohlensäure zusammen als energische Lösungsmittel auf die Gesteine und bewirken deren Zersetzung und Verwitterung.

Bei der einfachen Verwitterung sind auch die sich abspielenden Vorgänge verhältnismässig einfach; sehr verwickelt werden sie jedoch bei der komplizierten Verwitterung. Die Lösungen, in welche die ursprünglich reinen Gewässer durch den Extraktionsprozess der Gesteine umgewandelt werden, sind in der Hauptsache Carbonate von Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxydul, Manganoxydul; Sulfate von Kalk, Magnesia, Eisenoxydul, Kupferoxyd und seltenen Metallen; Silikate von Alkalien, Kalk, Magnesia, Thonerde, Eisenoxyd; Kieselsäure; Chlornatrium und andere Chlorüre; Fluoralkalien. Durch die Einwirkung dieser Lösungen und durch ihr Zusammentreffen mit einander wird dem Spiel der chemischen Wahlverwandtschaften ein weites Feld geöffnet; die nun eintretenden Verwitterungsvorgänge sind äusserst verwickelt und es ist in den seltensten Fällen möglich, sie zu verfolgen. Hier muss das Experiment an die Stelle der Beobachtung treten. Besonders *Lemberg* hat sich durch seine Arbeiten auf diesem Gebiete verdient gemacht.

Er weist darauf hin, dass bei diesen Versuchen ebenso wie bei den natürlichen Verwitterungsprozessen das Gesetz der Massenwirkung eine besondere Rolle spielt. Dasselbe besagt, dass die chemische Wirkung eines jeden Stoffes proportional

seiner wirksamen Masse ist. In der Natur ist die wirksame Masse der Stoffe meist sehr gross, da die Lösungen, wenn auch langsam, so doch stetig, neue wirksame Stoffe zuführen. Bei der Aufeinanderwirkung von Lösung und festem Stoffe findet so lange ein Austausch von Bestandteilen statt, bis das Gleichgewicht zwischen beiden hergestellt ist. Dann tritt ein Stillstand in der Umwandlung ein, der solange anhält, bis andere Faktoren ihn wieder stören.

Lemberg's Versuche haben gezeigt, dass eine Lösung von Natriumcarbonat, die durch einfache Verwitterung von Alkalithonerdesilikaten entstehen kann, Feldspat in Analcim überführen kann, wenn sie bei 200° auf ihn wirkt. Der Prozess geht um so langsamer vor sich, je kieselsäurehaltiger der Feldspat ist. Anorthit verwandelt sich in ein dem Cancrinit ähnliches Mineral, geschmolzene Feldspate und Eläolith werden zeolithisiert etc.

Verwitterung der Silikate.

Für die Frage nach der Entstehung der Thone sind die Silikate von besonderem Interesse, welche infolge ihrer verschiedenartigen Zusammensetzung die mannigfachsten Verwitterungsprodukte liefern. Ihr Verwitterungsprozess geht im allgemeinen so vor sich, dass bei einer vollständigen Spaltung zunächst die Kieselsäure frei wird, welche die benachbarten Gesteine imprägniert oder verkieselt. Aus der Thonerde bildet sich Thon resp. Kaolin oder sie bleibt Bestandteil von Zeolithen, die auf den Hohlräumen des Gesteines in Gestalt von glänzenden Krystallen und prächtigen Krystalldrusen aufsitzen. Eisenoxydul und Eisenoxyd gehen in Eisenoxydhydrat, Mangan in Pyrolusit oder Psilomelan über. Kali und Natron werden als Carbonate fortgeführt; Kalk liefert Kalkspat oder Aragonit, Magnesia giebt Serpentin oder Magnesit. Für die Entstehung von Kaolin und Thon kommen in der Hauptsache nur in Betracht

die Familie der Feldspate, die feldspatähnlichen Silikate, wie Eläolith, Nephelin, Leucit, Skapolit, die Magnesiumsilikate, wie Serpentin, Olivin, Augit, Glimmer etc., und die Familie der Zeolithe.

a) Die Feldspatfamilie.

Aus der weitverbreiteten Familie der Feldspate nehmen wir diejenigen heraus, welche für die Gesteinsbildung von Wichtigkeit sind: Orthoklas, Oligoklas und Labrador.

Der Orthoklas ist ein Kalifeldspat, welcher durch die Einwirkung der Atmosphärien seine Alkalien, Kalk und Eisenoxydul in Gestalt von Lösungen verliert, einen Teil der Kieselsäure in der Umgebung als Quarz wieder ausscheidet und den Rest mit zwei Teilen Wasser als Kaolin zurücklässt. Schematisch stellt sich der Kaolinisierungsprozess folgendermassen dar:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	H ₂ O
100 Teile Orthoklas				
bestehen aus . .	64,63	18,49	16,88	—
Entführt werden . .	43,05	—	16,88	—
Aufgenommen werden	—	—	—	6,47
Es bleiben	21,58	18,49	—	6,47 = 46,5 Tl. Kaolin

Man kann sich die Verwitterung nach *Biedermann*¹⁾ auch durch folgende Formeln klar machen: Die chemische Formel des Feldspatmoleküles ist K₂Al₂Si₆O₁₆; kommen hierzu 2 Moleküle Wasser, so ist K₂Al₂Si₆O₁₆ + 2 H₂O = H₄Al₂Si₂O₉ + K₂Si₄O₉. Das saure Kaliumsilikat K₂SiO₉ zersetzt sich weiter in der Weise, dass sich normales Kaliumsilikat bildet und sich Kieselsäure abscheidet: K₂SiO₉ + 3 SiO₂. Dieses Kaliumsilikat K₂Si₄O₉ ist in Wasser leicht löslich. Seine Lösung vermag noch mehr Kieselsäure aufzunehmen und so kommt es, dass von den drei Molekülen Kieselsäure bisweilen nichts oder fast nichts bei dem Kaolin bleibt. Es ist selbstverständlich, dass in Wirklichkeit der Prozess unendlich viel

¹⁾ D. Töpfer- u. Ziegl.-Ztg. 1878, p. 129.

komplizierter ist, als ihn obige wenige Formeln auszudrücken vermögen.

Die Verwitterung des Orthoklas, wie überhaupt die der Feldspate, geht sehr allmählich vor sich. Sie beginnt meistens zuerst auf der Aussenseite der Krystalle und dringt auf Spaltungsflächen, Zwillingsnähten, Rissen und Poren in das Innere vor. Die Krystallindividuen verlieren zuerst ihren Glanz, werden matt und trübe, und es bildet sich um den noch unversehrten Kern eine Rinde, welche von der Spaltbarkeit, der Härte und dem Zusammenhalt des Feldspates nichts mehr zeigt. Selbstverständlich haben während des Verwitterungsprozesses die verschiedenen Masselagen des Krystalls eine verschiedene chemische Zusammensetzung. Dieselbe wird erst dann überall gleich, wenn die Zersetzung beendet ist. Bisweilen beginnt die Zersetzung auch im Zentrum der Krystallindividuen und überspringt dann oft eine Schale, so dass veränderte und frische Partien abwechseln.¹⁾

Interessant ist die mikroskopische Beobachtung der Verwitterung an Krystallindividuen mit klarem Kern und trüber Umgebung.²⁾ Die dünnsten Schichten des Randes scheinen unter dem Mikroskope nur schwach durch und haben ein mehlähnlich-körniges trübes Aussehen. Wo sich die trüben Stellen, förmlich vordringende zarte und lockere Wolken bildend, in den klaren Feldspat hinein nach und nach verlieren, beobachtet man bei sehr starker Vergrößerung, wie schmale nadelartige Spitzen und Zacken von unendlicher Dünne in den noch frischen Feldspat in unendlicher Menge eingreifen. Anscheinend isoliert liegen davor, gleichsam in den Feldspat hineingeschoben, rundliche Körnchen und nadelförmige Fäserchen von übereinstimmend weisslich- oder gelb-

¹⁾ *B. Spechtenhauser*: Diorit- und Norit. Porphyrite von St. Lorenzen im Pusterthal. Z. d. d. g. G. 1898, p. 301.

²⁾ *Zirkel*: Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien. Leipzig 1873, p. 128.

lichgrauer Materie. Aus diesen einzelnen elementaren Partikelchen setzt sich bei inniger Vereinigung derselben die trübe gewordene Feldspatmasse zusammen. Unzweifelhaft weist eine Zerspaltung des Feldspates der Umwandlung den Weg, wie Dünnschliffe beweisen, deren klare Masse von makroskopischen trüben Adern wie von einem Geflechte durchzogen erscheint. Längs der Kapillarklüfte ist die Masse am impellucidesten, und diese Beschaffenheit nimmt seitlich davon immer mehr und mehr ab. Die mikroskopischen sich abzweigenden Spältchen sind von der alterierten Materie rechts und links eine Strecke weit eingefasst, und je grössere Feinheit jene besitzen, in desto zarterer und zierlicherer Ausbildung liegt die Mikrostruktur des sekundären Produktes und sein Hineinragen in den frischen Feldspat vor. Charakteristisch für die Umwandlung des Orthoklas ist auch die Erscheinung, dass die Krystalle aus einer grossen Zahl quadratischer oder rhombischer trüber Stellen mit sehr schmalen durchsichtigen Zwischenräumen bestehen, wodurch ein schachbrettähnliches Bild erzeugt wird.

Eine Varietät des Orthoklas ist der Sanidin, welcher den Orthoklas in den jüngeren Eruptivgesteinen vertritt. Er ist ein Hauptbestandteil der Phonolithe und Trachyte und erleidet denselben Umwandlungsprozess in Kaolin, wie der Orthoklas in den alten Gesteinen.

Albit ist ein Natronfeldspat. Er liefert bei der Verwitterung ebenfalls Kaolin.

Oligoklas und Labrador sind Kalknatronfeldspate, welche beide dieselben Verwitterungsprodukte wie der Orthoklas liefern. Der erstere verwittert noch schneller als sein monokliner Genosse und deshalb finden wir in einem und demselben Handstücke den Orthoklas vielfach noch unzersetzt in glänzenden Krystallen, während die Individuen des Oligoklas bereits in Zersetzung übergegangen

sind. Der Labrador ist der am leichtesten verwitterbare aller eine grössere Verbreitung besitzenden Feldspate. Zuerst wird ihm die Kalkerde durch kohlen-säurehaltige Sickerwässer aus ihrer Verbindung mit der Kieselsäure geraubt, und dann scheint erst die Zersetzung des Natronsilikates und die Auslaugung des entstehenden Carbonates zu beginnen.

Neben Kaolin liefern sämtliche Feldspate unter bestimmten Umständen als Verwitterungsprodukte noch Muscovit, Epidot, Chlorit, Zeolithe, Bauxit etc.

b) Feldspatähnliche Silikate.

Der hierher gehörige Eläolith bildet ein wichtiges Mineral in dem Eläolithsyenit, giebt bei der Verwitterung neben Kaliglimmer Zeolithe, und zwar Analcim, Natrolith und Thomsonit. Diese bilden bei der weiteren Zersetzung eine thonartige Substanz, oder aber Analcim geht häufig in Kalifeldspat über, der nun seinerseits wieder Kaolin liefern kann. Nephelin verwittert häufig zu Natrolit; Leucit wird dagegen durch natronhaltige Gewässer in Analcim umgewandelt, der nun seinerseits zu Kalifeldspat und Kaolin werden kann. So ist der Leucit von Oberwiesenthal in Kalifeldspat und Kaliglimmer umgewandelt¹⁾ und ergiebt hier deutlich als Endprodukt seiner Zersetzung Kaolin.

Die Skapolitminerale (einschl. Passauit) verlieren zuerst NaCl, nehmen Wasser und Kohlensäure auf und gehen bei fortschreitender Verwitterung schliesslich in Kaolin über.

c) Magnesiumsilikate.

Thonerdefreie und -arme Magnesiumsilikate liefern bei der Verwitterung Serpentin, thonerdereiche dagegen Chlorit. Thonerdehaltiger Augit verliert durch kohlen-säurehaltige Gewässer zunächst Kalk, dann Magnesia und Eisenoxydul und nimmt

¹⁾ *A. Sauer*: Zeitschr. d. d. g. Ges., 1885, p. 453, 465.

Wasser auf. Als Schlussprodukt bleibt ein wasserhaltiges Thonerdesilikat, aus welchem das Eisenoxydul zum grössten Teile als Eisenoxydhydrat wieder ausgeschieden ist. Häufig entsteht aus thonerdehaltigem Augit auch eine chloritische Substanz, die später ebenfalls in Thon übergeht. Seltener verwandelt er sich in Biotit, Grünerde oder Kalkeisengranat, die nun ihrerseits wieder in Chlorit und dann in Thon umgesetzt werden. Die vollständige Zersetzung der thonerdehaltigen Hornblende führt zu ganz ähnlichen Resultaten. Mag durch Entfernung des Kalkes und Wasseraufnahme Chlorit, durch Entführung der Magnesia und Ausscheidung von Quarz und Kalkspat Epidot, durch Abgang der Thonerde und des Kalkes, sowie eines Teiles des Eisens und durch Wasseraufnahme Serpentin entstehen, immer ist das Endprodukt ihrer Zersetzung ein eisenschüssiger Thon, wie beim thonerdehaltigen Augit.

Biotit geht häufig in chloritische Substanz und dann in einen eisenhaltigen Thon über. Daneben entsteht oft ein wenig Epidot.

Muscovit ist der Verwitterung so gut wie gar nicht unterworfen, entsteht jedoch bisweilen vielleicht durch Einwirkung alkalischer Lösungen aus Kaolin als Rückbildung. Gemäss der Zusammensetzung des Kaolin kann man denselben als wasserhaltigen Glimmer ansehen, in dem das Kali durch ein Atom basischen Wassers vertreten ist und es liegt die Annahme einer Isomorphie des Kaolin mit dem Glimmer sehr nahe.¹⁾

Beryll liefert bei der Verwitterung Muscovit oder Kaolin.

Andalusit geht leicht in Kaliglimmer, daneben in Chlorit oder Kaolin über.

d) Zeolithe.

Die Zeolithe sind schon Verwitterungsprodukte von Feldspaten und feldspatähnlichen Mineralien.

¹⁾ N. Jahrb. f. Mineral., 1859, p. 594.

Manche, wie besonders Analcim, gehen in Kalifeldspat und damit in Kaolin zurück. Prehnit liefert wieder Analcim, und Laumontit kann in Prehnit verwandelt werden. Natrolit geht in Prehnit über; Chabasit und wahrscheinlich auch Phillipsit verwandeln sich in Natrolit. Das Endprodukt der Verwitterung der Zeolithe ist, soweit sie nicht Kaolin liefern, Thon oder thonähnliche Substanz (Bol).

Nachfolgende Tabelle giebt eine Übersicht über die Verwitterung der uns interessierenden Silikate. Naturgemäss sind nur die Verwitterungsprodukte angeführt, die für unsere Zwecke in Betracht kommen können.

Aus der vorstehenden Übersicht geht hervor, dass alle Silikate bei ihrer Verwitterung Kaolin oder unreinen Thon liefern, und zwar erhalten wir:

Kaolin aus Kalifeldspaten, Kalknatronfeldspaten, Natronfeldspaten, Eläolith, Leucit, Skapolit (Passauit), Beryll, Andalusit und gewissen Zeolithen (Analcim, Laumontit, Prehnit).

Unreinen Thon aus Nephelin, Epidot, Olivin, thonerdehaltigem Augit, thonerdehaltiger Hornblende, Biotit, Chlorit und gewissen Zeolithen.

Verwitterung silikathaltiger Gesteine.

Kaolin geht nur aus krystallinen Gesteinen hervor. Die hauptsächlichsten Muttermineralien derselben bestehen in den aufgezählten Silikaten und in Quarz, welcher durch Lösungen zwar angegriffen wird, für unsere Zwecke jedoch kein neues Produkt liefert.

Gehen wir von den einzelnen Mineralien zu den aus ihnen bestehenden Gesteinen über, so ist klar, dass hier die Verwitterungsverhältnisse, welche wir bei den Mineralien noch in allgemeinen Zügen verfolgen können, sofort äusserst komplizierte werden müssen. Ganz willkürlich sind die Mineralarten und Mineralindividuen in und durch einander gewachsen

a. Feldspath-Familie.

Kalifeldspath (Orthoclas und Sanidin) Natronfeldspath (Albit) Kalknatronfeldspath, resp. Natronalkfeldspath (Anorthit und Labrador)

Kaolin Muscovit Epidot Chlorit Zeolith Kaolin Kaolin Muscovit Epidot Chlorit Zeolith Bauxit

b. Feldspathähnliche - Silicate.

Elaeolith Nephelin Leucit Scapolith

Muscovit Analcim Natrolith Thomsonit Natrolith Analcim Epidot Albit Biotit Muscovit

Kalifeldspath UreinerThon UreinerThon Kalifeldspath Muscovit UreinerThon Kaolin UreinerThon.

Kaolin.

Kaolin

c. Magnesia-Silicate.

Olivin

Augit (thonerdehaltiger)

Enstatit.

Serpentin Chlorit Biotit Hornblende Chloritische Substanz Epidot Biotit Kalkeisengranat Serpentin

UreinerThon

UreinerThon

Chloritische Substanz

UreinerThon.

Hornblende (thonerdehaltig)

Biotit

Muscovit.

(kaum verwirrtbar)

Chlorit Epidot Serpentin Biotit

Chloritische Substanz Epidot

UreinerThon

UreinerThon

Chlorit

UreinerThon

Beryll

Kaolin

Muscovit

Andalusit

Muscovit Chlorit Kaolin

UreinerThon

d. Zeolithe.

Laumontit.

Prehnit

Natrolith

Analcim

Chabasit

Phillipsit

Apophyllit

Kalifeldspath Prehnit Kalifeldspath Prehnit Natrolith Kalifeldspath Natrolith Natrolith Kalkspath.

Kaolin

Kaolin

Kaolin

E.

und ebenso regellos sind die strukturellen Verhältnisse; bald ist eine Felsart dicht, bald grobkörnig; bald ist sie feingeschichtet, bald sieht man von Schichtung überhaupt keine Spur. Gerade diese Verhältnisse machen den Verlauf der komplizierten Verwitterung noch viel verwickelter.

Die grösste Ähnlichkeit mit den Verwitterungsprodukten der einfachen Mineralspezies haben die Reste der einfachen krystallinischen Felsarten, vorausgesetzt, dass sich in letzteren accessorische Beimengungen nicht häufen oder die Lagerungsverhältnisse derartig sind, dass Auslaugungsprodukte benachbarter Gesteine leicht hinzukommen und so auf den regulären Verwitterungsprozess störend einwirken können. Tritt die Verwitterung dagegen bei den gemengten krystallinischen Felsarten ein, so sind wir noch nicht imstande, über die sich dabei abspielenden Prozesse ein klares Bild zu geben. Naturgemäss stellt das letzte Verwitterungsprodukt dieser Gesteine keinen einheitlichen Stoff dar, sondern besteht aus gänzlich, zum Teil oder kaum bemerkbar verwitterten Mineralien, welche sich je nach ihrer grösseren oder geringeren Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse mehr oder weniger intakt gehalten haben. Je nachdem Mineralien im Übergewicht vorhanden sind, die mehr zur Kaolinisierung als zum Verwittern in Thon neigen, wird, wenn sich nicht andere Einflüsse geltend machen, das Endprodukt der Verwitterung ein Kaolin oder Thon sein.

Entstehung von Kaolin und Thon.

Gehen wir zu der Frage über, welche Bedingungen für die Umwandlung der Mineralien in Kaolin und in Thon für die Gesteine massgebend sind, so können wir hierüber, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, noch kein endgiltiges Urteil fällen. *Neumayr*¹⁾ betrachtet den Kaolin als das vollständige

¹⁾ Erdgeschichte, 1886, I., p. 400.

Zersetzungsprodukt, den Thon als das noch nicht vollständig zersetzte und verunreinigte Produkt. *Senff*¹⁾ ist der Ansicht, dass die Verwitterung zu Kaolin oder Thon einerseits von der Art der Verwitterung und andererseits von der Menge des in den Gesteinen enthaltenen Glimmers und der Hornblende abhängt. Geht nach seiner Ansicht die Verwitterung der Feldspatgesteine unter Abhaltung des Sauerstoffes und unter dem ungehemmten Einflusse von Kohlensäure oder quellsaures Alkali haltigem Wasser vor sich, wie dies namentlich der Fall ist, wenn eine Gesteinsoberfläche eine starke Decke von verwesenden Pflanzenabfällen besitzt, dann wird alles in dem Feldspate, dem Glimmer oder der Hornblende vorhandene Eisenoxydul in doppeltkohlensaures oder quellsaures Eisenoxydul umgewandelt und als solches vom Wasser ausgelaugt, wodurch dem sich entwickelnden Thone alle Beimengungen von Eisenoxyd und mit diesem das ockergelbfärbende Mittel entzogen wird, so dass der Thon weiss erscheint. Indem ihm nun auch durch kohlen-saures Wasser allmählich alle Salze der Alkalien entzogen werden, bildet er zuletzt reines kieselsaures Thonerdehydrat, d. i. Kaolin. Befördert wird dieser Kaolinbildungsprozess noch dann, wenn in einem Feldspatgesteine nur wenig Glimmer oder Hornblende vorhanden ist. Anders ist es dagegen mit den Feldspatgesteinen, welche unter vollem Zutritt von Sauerstoff verwittern; denn in diesem Falle wird ihr ganzer Eisenoxydulgehalt in Eisenoxydhydrat umgewandelt, welches sich nun mit dem entstehenden Thone mischt und denselben in ockergelben gemeinen Thon umwandelt, mit welchem sich dann auch noch die aus ihrem Glimmer- und Hornblendegehalte entstehenden Verwitterungsprodukte mischen. Gegen die Hypothese von *Senff* dürfte sich manches einwenden lassen.

¹⁾ *Senff*: Fels und Erdboden, 1876, p. 196.

Neumayr wie *Senft* gehen beide von dem Grundsatz aus, dass der Thon das unvollständige und der Kaolin das vollständige Zersetzungsprodukt darstellen. Es scheint mir mehr als zweifelhaft, ob dem in der That so ist. Vor allen Dingen müssten wir diesen Uebergang von Gestein in Thon und von Thon in Kaolin doch irgendwo beobachten können, und zwar so, dass vom Hangenden zum Liegenden das Profil ist: Kaolin, Thon, Gestein. Dies ist aber nicht der Fall: Wir finden stets entweder Thon oder Kaolin und können somit annehmen, dass der Umwandlungsprozess in Thon von dem in Kaolin zu trennen ist. Hierauf weist uns schon der Umstand hin, dass gewisse Mineralien die ausgesprochene Neigung haben, sich zu Kaolin zu zersetzen, während andere Thon liefern. Die Gründe hierfür liegen klar auf der Hand: Einerseits ist zu der Umbildung in Kaolin eine möglichst hohe Reinheit des Mineralen nötig; andererseits muss das Gestein in der Hauptsache aus Mineralien bestehen, die sich in Kaolin umwandeln oder jedenfalls keine Zersetzungsstoffe liefern, die der Kaolinbildung entgegen sind. Granit, Quarz- resp. Feldspatporphyr und Trachyt sind somit, wenn sie nicht durch accessorische Beimengungen verunreinigt sind, zur Kaolinlieferung besonders geeignet, während Gesteine, die viel Biotit, Hornblende etc. enthalten, gewiss keine Zersetzung in Kaolin erfahren werden. Ein gewichtiger Umstand für die Kaolinisierung wird auch in dem Umstande zu suchen sein, dass die Umwandlung durch einfache oder jedenfalls möglichst wenig komplizierte Zersetzung ungestört vor sich geht, um ein krystallinisches Produkt, wie den Kaolin, entstehen zu lassen, und unzweifelhaft werden auch die Lagerungsverhältnisse und die Art der benachbarten Gesteine resp. Mineralien für die Kaolinisierung eine Rolle spielen. Die Frage des vorhandenen oder fehlenden Luftabschlusses bei der Verwitterung, wie sie *Senft* behandelt, wird keine grosse Bedeutung

haben, da in den Gesteinen, welche Kaolin liefern, Eisen nur eine verhältnismässig geringe Rolle spielt¹⁾, was deutlich daraus hervorgeht, dass sie fast stets eine weisse Schmelze liefern.

Wir kennen Kaolin auf primärer Lagerstätte und Thon auf primärer Lagerstätte. Dass Kaolin auch auf sekundärer und tertiärer Lagerstätte zu finden ist, wurde oben bereits ausgeführt. Naturgemäss bleibt auch der Thon nicht auf primärer Lagerstätte ruhen: Regengüsse und Sickerwässer führen ihn von den Bergabhängen und Schutthalden in die Täler und Flüsse und hier findet nun eine Sonderung der zersetzten Massen statt. Das grobe Material, aus unzersetzten oder angewitterten Gesteinstücken bestehend, bleibt am Ursprungsorte zunächst liegen, das etwas feinere führen die Ströme weiter mit sich fort, um es bei verlangsamten Laufe ihres Gewässers irgendwo abzusetzen, und das ganz feine bleibt in den Buchten der Flüsse, wo die Strömung eine minimale ist, zurück oder wird in das Meer geführt, wo es mehr oder weniger weit hinausgetrieben wird und endlich zum Absatze kommt. Auf dem Wege dorthin fliessen die Verwitterungsprodukte der verschiedensten Gesteine zusammen. Sie werden miteinander vermengt, auf das innigste gemischt und dabei gleichzeitig noch weiter zerkleinert, so dass das Endprodukt eine im allgemeinen gleichmässige Thonmasse darstellt. Je nachdem die eine oder die andere Felsart mehr oder weniger ihre Verwitterungsprodukte geliefert hat, wird der neu entstandene Thon ein verschiedenes Aussehen erhalten.

Vielfach finden sich im Thon deutlich erkennbare Kaolintäfelchen; ihr Vorhandensein ist leicht dadurch erklärlich, dass sie aus einem Kaolinlager fortgeschwemmt und in ein Thonlager hineingeraten sind.

¹⁾ Woher stammt die rote Farbe des Feldspates? Thon-industr.-Ztg. 1898, p. 909.

Die Thonlager können später bei irgendwelchen geologischen Umwälzungen immer wieder von neuem aufgeschwemmt und an demselben oder einem anderen Orte zum Absatze gebracht werden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass dies bei vielen unserer Thonlager thatsächlich der Fall gewesen ist, und die merkwürdige Gleichmässigkeit mancher Lager in Bezug auf Korngrösse und Zusammensetzung wird durch die bei dem Aufschwemmen stattgehabte Schlämmung leicht erklärt.

Walkerde.

Wie bereits im ersten Teile dieser Arbeit ausgeführt ist, stellt die Walkerde kein mineralogisch definiertes Mineral vor. Infolgedessen schwanken die Ansichten über ihre Entstehung. Nur soviel lässt sich sagen, dass die Walkerde ein Zersetzungsprodukt von Diabasen und Gabbros darstellt, ohne dass jedoch jedes Vorkommen dieser Gesteine bei seiner Verwitterung Walkerde zu liefern brauchte, wie der Gabbro bei Neurode in Schlesien zeigt, wo das Zersetzungsprodukt einen eisenhaltigen Thon darstellt. Es würde sich empfehlen, die Bezeichnung Walkerde nur als eine technische aufzufassen und in den Lehr- und Handbüchern der Mineralogie überhaupt zu streichen.

Urthonschiefer, Thonschiefer und Schieferthon.

Wie Kaolin und Thon, so hängen auch Urthonschiefer, Thonschiefer und Schieferthon in ihrer Entstehung auf das Innigste zusammen und zeigen sovieler Übergänge ineinander, dass sie eine kontinuierliche Reihe darstellen, deren Entstehung am besten gemeinsam besprochen wird.

Wir beginnen mit dem Urthonschiefer oder Phyllit, dessen Entstehung die Geologen von jeher äusserst lebhaft beschäftigt hat und welche immer noch zu den Problemen der Geologie gehört. Der

Urthonschiefer ist eines von den Gesteinen, welche an der Basis unserer Sedimentärformationen liegen und die archaischen Schiefer bilden. Die Hauptmassen dieser Formation bestehen aus Gneis, Glimmerschiefer und Urthonschiefer, und diese Gesteine zeigen zahlreiche Übergänge ineinander, sodass die Grundzüge ihrer Entstehung wahrscheinlich dieselben gewesen sind. Gneis geht durch Fehlen des Feldspates in Glimmerschiefer und Glimmerschiefer durch Kleinerwerden seiner Bestandteile in Urthonschiefer über.

Eine ganze Reihe von Hypothesen sucht die Entstehung der genannten Gesteine zu erklären. Es kann kaum bezweifelt werden, dass die krystallinischen Schiefer sedimentären Ursprungs sind: Ihre Parallelabsonderung, ihre Bankung und echte Schichtung sprechen deutlich dafür, und das Vorkommen körnigen Kalkes zwischen Gneisen und Glimmerschiefern, sowie das Auftreten von Anthracit und Bitumen in der archaischen Formation sind ein noch deutlicherer Beweis dafür, dass die archaischen Schiefergesteine kein Erstarrungsprodukt geschmolzener Massen sind, wie man bisweilen angenommen hat.

Eine Auskrystallisierung aus dem Meere unter den Verhältnissen, wie sie heute herrschen, ist ebenfalls unmöglich, und für frühere Zeiten veränderte Bedingungen anzunehmen, hat wenig Berechtigung für sich.

Manche Geologen halten die krystallinischen Schiefer für Reste der ehemaligen Erdrinde, welche sich auf der feurig-flüssigen Kugel bildeten; andere sind der Ansicht, dass der heutige Gesteinscharakter nicht der ursprüngliche ist, sondern dass das anfänglich klastische Material einer Umwandlung, einem „Metamorphismus“, unterworfen wurde, dessen Einwirkung die heutige krystalline Struktur und der petrographische Habitus der Schiefer zuzuschreiben sind. Über die Natur und die Ursachen des Metamor-

phismus gehen die Meinungen weit auseinander; die einen suchen dieselben in der Wirkung vulkanischer Ursachen (hohe Temperatur und intensiver Druck), die anderen in der Thätigkeit der Atmosphärien.

Es kann hier nicht unsere Aufgabe sein, die über die Entstehung der Urthonschiefer aufgestellten Hypothesen eingehend zu erörtern. Wir erwähnen nur kurz *Gümbel's* Diagenese, nach der der heutige Gesteinscharakter der krystallinen Schiefer der ursprüngliche ist, wir nennen die Lehre vom plutonischen Regionalmetamorphismus, die von *Hutton* aufgestellt und später von *Lyell* und von *Cotta* vertreten wurde und die von der Annahme ausgeht, dass die Umwandlung des ursprünglichen Sedimentärmaterials die Folge einer langsam wirkenden Erhitzung durch die innere Erdwärme darstellt; wir führen ferner die Lehre vom hydrochemischen Regionalmetamorphismus an, nach welcher lediglich in der Wirkung des in den Steinen zirkulierenden Wassers bei gewöhnlicher Temperatur und ohne hohen Druck die Ursache des Metamorphismus zu suchen ist. Als Muttermaterialien der krystallinen Schiefer nannte der Hauptvertreter dieser Hypothese, *Bischof*, Thonschiefer, Sandsteine etc., und einige seiner Anhänger gesellten auch noch Kalk dazu. Vom Standpunkte des Chemikers an und für sich kann man der Hypothese eine gewisse Berechtigung nicht absprechen, da es z. B. vorkommt, dass Kalkspatkrystalle sich unter Beibehaltung ihrer äusseren Form vollkommen in Feldspat verwandeln, wenn geeignete Lösungen auf sie einwirken. Für die gewaltigen Massen krystalliner Schiefer in der Natur kann die Hypothese jedoch nicht mehr gelten, und besonders der Umstand spricht dagegen, dass in den Ablagerungen der krystallinischen Schiefer chemisch verschieden zusammengesetzte Mineralien schichtenweise übereinander von einander gesondert sind.

Viel einfacher gestaltet sich die ganze Um-

wandlung, wenn wir von der Wirkung des Gebirgsdruckes ausgehen, durch den ohne Verlust der Substanz und durch Umkrystallisieren ein Metamorphismus hervorgerufen werden kann. Beispiele für derartige Umwandlungen zeigt uns die Natur mehrfach: So hat die Untersuchung der krystallinen Schiefer im Devon des Taunus ergeben, dass sie besonders da ausgezeichnet entwickelt sind, wo die Lagerung eine stark gestörte ist und mechanischer Druck auf sie einwirkte. Ferner fand man im Berner Oberlande, dass die dichten Hochgebirgskalke des oberen Jura dort, wo sie mit Gneis zusammenstossen und starken Biegungen und Faltungen ausgesetzt waren, krystallinisch umgewandelt sind. Der Kalk greift fingerförmig in den Gneis ein und die Umwandlung tritt in der Spitze der Keile ganz besonders scharf hervor. Aus diesen Beispielen geht hervor, dass hoher Druck, wie er bei der Gebirgsbildung und Faltung auftritt, wohl imstande ist, Gesteinsmaterial krystallinisch umzuwandeln. *Spring* hat diesen Vorgang durch Laboratoriumsversuche nachzuahmen gesucht und ist dabei zu günstigen Ergebnissen gekommen. Allerdings musste er einen Druck von 5—6000 Atmosphären anwenden.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass eine Anzahl von Vorkommnissen krystallinischer Schiefer auf die angegebene Weise gebildet sein können. Indessen dürfen wir nicht vergessen, dass Drucke von 5—6000 Atmosphären, wie sie *Spring* anwandte, für die uns angehenden Erdtiefen nicht annehmbar sind und dass sich andererseits gewisse Mineralien, wie Quarzsand, Gips, Kalkspat etc. durch hohen Druck allein überhaupt nicht umformen lassen. Es wäre vielleicht möglich, dass die einzelnen Teilchen durch den Druck gezwungen werden, aneinander vorüberzugleiten und sich mit ihren krystallographischen Achsen gleichzustellen, um dann zu grösseren Krystallen zu verschmelzen; indessen ist dabei nicht zu vergessen,

dass diese Verschmelzung nur eintreten kann, wenn auch die krystallographischen Nebenachsen der einzelnen Körner zueinander gleich orientiert sind; dazu gehört jedoch ein grosser Zufall, und für Gesteine, die aus mehreren Mineralien aufgebaut sind, wie Gneis etc., ist dies überhaupt ausgeschlossen.

Wir werden daher gut thun, dem Drucke das Wasser als Genossen zuzugesellen und *Lossen* nahm für die Entstehung der obengenannten devonischen Taunusschiefer schon beide Faktoren an und andere sind ihm darin gefolgt. Am weitesten geht *Lepsius*¹⁾, welcher das Zusammenwirken von vier Faktoren als Ursache des Metamorphismus der krystallinen Schiefer annimmt: Eine wässerige Lösung auf chemischem Wege bei Gegenwart von Druck und Wärme und unter langer Zeitdauer. *Kosmann*²⁾ hat dagegen Einwände erhoben, leider aber nichts Besseres an die Stelle zu setzen gewusst. Jedenfalls wird nicht abzuleugnen sein, dass die letztgenannte Hypothese viel für sich hat und für manche krystallinischen Schiefer Geltung haben kann. Allem Anscheine nach wird es überhaupt verfehlt sein, die Entstehung der krystallinischen Schiefer auf einem einzigen Wege erklären zu wollen. Wahrscheinlich sind die verschiedensten Ursachen zu ihrer Entstehung in Thätigkeit getreten, und, wie so oft in der Natur, ist das Endresultat das gleiche geworden.

Kehren wir zu der von uns angenommenen kontinuierlichen Reihe von Phyllit bis Thon zurück, so wissen wir, dass zum Phyllit hin die Menge der krystallinen Bestandteile zu-, die der klastischen dagegen abnimmt. Diese Erscheinung muss auf einer gewissen gleichmässigen Einwirkung beruhen, zumal sich ergeben hat, dass der Unterschied zwischen den Phylliten resp. krystallinischen Thonschiefern und den klastischen Thonschiefern nur in dem Mengen-

¹⁾ Geologie von Attica. Berlin 1893.

²⁾ Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1893, p. 532.

verhältnisse der Bestandteile beruht. Dasselbe Verhältnis herrscht auch zwischen den klastischen Thonschiefern und den Schieferthonen, sowie zwischen letzteren und den Thonen. Wir haben es also in der ganzen Reihe von oben nach unten mit der Wirkung ein- und derselben Kraft, nur in immer erhöhtem Massstabe, zu thun. Es liegt nahe, die Druckwirkung als diese Kraft zu betrachten. Die Zeitdauer wird dabei gewiss eine Rolle mitgespielt haben. Wie weit die beiden anderen von *Lepsius* genannten Faktoren in Frage kommen, entzieht sich unserer Beurteilung zur Zeit noch. Es genügt uns, für unsere Zwecke dargethan zu haben, dass Thon, Schieferthon, Thonschiefer, Urthonschiefer aller Wahrscheinlichkeit nach eine kontinuierliche Reihe darstellen, hervorgegangen aus im allgemeinen gleichartigem Material infolge von Druckwirkung von langer Dauer oder an Stelle der letzteren von erhöhter Heftigkeit (vielleicht unter Mitwirkung von Wasser). Beweise für unsere Annahme finden wir in dem Umstande, dass Thone am meisten in den jüngsten Formationen auftreten, Schieferthone in älteren, Thonschiefer in noch tiefer liegenden und Urthonschiefer in den untersten, dass dies aber nur die allgemeine Regel ist, während wir beobachten können, dass auch Thone den älteren Formationen nicht fehlen und Thonschiefer in den jüngeren vorhanden sind, letztere z. B. als eocäne Thonschiefer von Glarus etc. Das Auftreten dieser Gesteine in dem einen oder anderen Zustande ist lediglich durch das Vorhandensein oder Fehlen einer Einwirkung der Gebirgsbildung bedingt.

Es ist klar, dass die von uns angeführte Hypothese nur beschränkte Gültigkeit haben kann und manche Erscheinung in dem gewaltigen Komplex der krystallinen Schiefer nicht erklären wird. So stehen wir z. B. einem Erklärungsversuche des abwechselnden Auftretens krystallinischer und nicht-

krystallinischer Schiefer ratlos gegenüber. Indessen dürfen wir nicht vergessen, dass wir eine Hypothese angeführt haben und keinen Lehrsatz; ausserdem sind auch andere Hypothesen bisher nicht imstande gewesen, diese Erscheinung auf ihre wahren Ursachen zurückzuführen.

Mergel.

Entsprechend seiner Zusammensetzung ist der Mergel stets ein Thon-Kalk-Material welches entweder durch Wasserfluten zusammengeschwemmt ist oder einen Thon darstellt, der von Kalklösung nachträglich durchdrungen, oder aber schliesslich durch die Thätigkeit von Gletschern zusammengerieben ist.

Die natürlichste Entstehung des zusammengeschwemmten Mergels besteht in einem innigen Mengen von Thonschlamm und Kalkschlamm durch Gewässer. *Senfft*¹⁾ nennt diese Mergelart den ganz klastischen Mergel. Aus den Feldspaten und anderen Silikaten der Gesteine entsteht, wie wir oben sahen, Kaolin resp. Thon. Selten bleibt das Verwitterungsprodukt auf seiner ursprünglichen Lagerstätte liegen; im Laufe geologischer Zeitperioden wird es vielmehr von Regen- und Sickerwässern erfasst und den grösseren Flüssen zugeführt. Auf seinem Wege kommt der Thon wohl einmal in die Gegend grösserer Kalklager, und hier findet durch Wassermassen, welche Kalk in suspendiertem Zustande mit sich führen, eine innige Mischung von Kalk und Thon statt. Nach kürzerer oder längerer Wanderung gelangt dieses Gemenge schliesslich in die Buchten von Seen und Flüssen und setzt sich hier in Gestalt von Mergel ab. Ist vorher vielleicht an diesen Stellen die Strömung eine sehr heftige gewesen, sodass grössere Gerölle in die Buchten gewälzt sind, und kommt auf diesem Gerölllager nun der Mergel zum Absatze, so sinkt er durch alle

¹⁾ *Senfft-Leunis*: Synops. d. Geogn. 1876, p. 599.

Zwischenräume der Gerölle allmählich nach unten und füllt sie aus. Beim Erhärten entsteht auf diese Weise dann ein Konglomerat mit mergeligem Bindemittel. *Senft*²⁾ nimmt an, dass aus der Zerstörung und Wegflutung solcher Konglomeratlager häufig wieder neue Mergellager entstehen, und er glaubt, dass die meisten Thon-, Löss-, Lehm-, Letten- und Mergelablagerungen, welche in den gegenwärtigen Becken, Thälern und Ebenen der Hügel- und Ebenenländer in massiger Entwicklung vorkommen, erst aus der Zerstörung und Wegflutung von Konglomerat-, Sandstein-, Schieferthon- und Kalkbergen entstanden sind, sodass sie sich streng genommen jetzt schon an ihrer tertiären Lagerstätte befinden. Diese Annahme *Senft's* scheint etwas zu weit hergeholt, obwohl zugegeben werden mag, dass ein Teil der Mergellager auf die von ihm angegebene Art entstanden sein wird.

Je nachdem die Gewässer, aus denen der Mergel zum Absatze kommt, andere Beimengungen führen, entstehen die Abarten des Mergels. Ein grösserer Kalkgehalt bedingt den Absatz von Kalkmergel, welcher in Mergelkalk übergeht, sobald die Kalkmenge noch mehr zunimmt und das Gestein beim Erhärten fest wird.

Ein Überwiegen des Thones lässt den Thonmergel entstehen, von dem der Glindower Thonmergel für uns von besonderer Bedeutung ist. Er stellt das feine, aus der Grundmoräne des Inlandeises ausgeschlammte Material dar, welches die Schmelzwasser der Gletschermassen bei ihrem Vordringen nach Süden mit sich führten. Auf ihrem Wege stiessen sie auf zahlreiche Wasserbecken, die schon vor ihrer Ankunft vorhanden waren. Diese Becken dienten den Gletscherbächen als Klärungsstationen und in ihnen bildeten sich feine Thonmergelabsätze, deren Schichten um so dünner wurden, je häufiger sich die Geschwindigkeit und die Menge der Schmelz-

²⁾ *Senft*: Die Thonsubstanzen, 1879, p. 3.

wasser änderte. Vereinzelt liegen in den Thonmergeln Geschiebe, deren Vorhandensein sich nach *Wahnschaffe* wahrscheinlich so erklären lässt, dass sie auf abgerissenen Eisstücken in das Becken gelangt und zugleich mit den Thonen beim Abschmelzen des Eises zum Absatze gekommen sind. Gleicher Entstehung wie die Glindower Thonmergel sind die zwischen dem unteren und oberen und über dem oberen Geschiebemergel auftretenden Thonmergel.

Mergelthon bildet sich bei einem Kalkgehalte, der niedriger, und bei einem Thongehalte, der höher als beim Thonmergel ist.

Dolomitmergel ergibt sich aus der Zusammenschwemmung von Thon und suspendierten Dolomitteilchen.

Gipsmergel verdankt seine Entstehung einerseits dem Vorkommen von Salzlagern, in deren Nähe Thon zum Absatze kam, der mit Gipsschichten wechsellagert. Andererseits, und zwar weitaus in der Mehrzahl der Fälle, ist das Auftreten von Gipsmergel auf zersetzten Schwefelkies oder Markasit zurückzuführen. Auf dem Grunde von vertorfenden Teichen liegende Thone sind vielfach mit pulverigen oder knolligen Massen dieses Mineralen durchsetzt. Kommt nach dem Trockenlegen der genannten Thonlager das Schwefeleisen mit dem Sauerstoffe der Luft in Verbindung, so setzt sich dasselbe zu Eisenvitriol und freier Schwefelsäure um. Trifft nun die Eisenvitriollösung mit etwa in dem Thone vorhandenem Kalk zusammen, so entzieht der letztere dem Eisenvitriol seine Schwefelsäure und giebt Kohlensäure ab. Es entsteht somit Gips und kohlen-saures Eisenoxydul, welches später durch höhere Oxydation in Eisenoxydhydrat übergeht. Auf diese Weise entsteht der Gipsmergel, welcher zu einem Alaunmergel werden kann, sobald die dem Eisenvitriol anhaftende freie Schwefelsäure den Thon zu Alaun umwandelt (Freienwalde a. O. etc.).

Wiesenmergel stellt teils einen chemischen Niederschlag dar, der sich in Gestalt mikroskopisch kleiner Rhomboederchen direkt aus dem Wasser abscheidet und zu Boden sinkt, teils von tierischen und pflanzlichen Organismen aufgenommen und in Gestalt von Schalen, Gehäusen etc. am Grunde des Beckens abgelagert wird. Dieser Vorgang fand nicht nur zur Diluvialzeit statt, sondern spielt sich auch noch heute in zahllosen Seen ab. Wird den Becken gleichzeitig mit dem Kalke noch feiner Thonschlamm zugeführt, so verwandelt sich der Wiesenkalk in Wiesenmergel, welcher bald mehr zum reinen Kalk, bald mehr zum reinen Thon hinüberneigt. Hat sich der Wiesenmergel nicht in tieferem Wasser abgelagert, sondern ist er ein Produkt flacher, nur periodisch überstauter Alluvialbecken, so bezeichnet man ihn als Moormergel, der durch humusreichen Wiesenkalk hindurch in reinen Wiesenkalk übergeht.

Eine zweite Entstehungsart von Mergel ergibt sich dadurch, dass ein Thonschlamm nachträglich von Kalkkarbonat-Lösung durchdrungen wird und jedes einzelne Masseteilchen des Schlammes eine Quantität Kalkkarbonat in sich aufsaugt und es fest mit sich verbindet. *Senft* bezeichnet diesen Mergel als halbklastischen. Ist die Thonmasse bei der Kalkaufsaugung in dünn schlammigem Zustande, sodass sie von der Kalklösung leicht durchdrungen werden kann, so findet eine gleichmässige Aufsaugung statt. Ist die Thonmasse dagegen zähteigig, so saugen sich zuerst die äusseren Schichten des Thones voll Kalk und ganz allmählich folgen dann die inneren. Da vielfach nicht genügend viel Kalklösung vorhanden ist, so findet man in einem solchen Lager die inneren Schichten noch kalkfrei. Reicht die Lösung zur Sättigung des Thones jedoch aus, so durchzieht der Kalk nach und nach das ganze Thonlager, welches bei seiner Erhärtung dann nicht selten mehr oder weniger grosse Mengen der Kalklösung

in die in ihm vorhandenen Spalten presst, wo auf diese Weise Veranlassung zur Bildung prachtvoller Kalkspatdrusen gegeben wird. In den halbklastischen Mergeln ist das Verhältnis von Thon und Mergel vielfach ein wechselndes.

Der Geschiebemergel stellt das Zerreibungsprodukt von Felsmassen durch die Einwirkung sich fortbewegender Gletscher dar. Für den in Norddeutschland, Russland, Holland, Nordfrankreich und England auftretenden Geschiebemergel müssen wir mit *Torell* annehmen, dass seine Entstehung dadurch hervorgerufen ist, dass nach dem Schlusse der Tertiärzeit das mittlere Jahresklima dieser Gegenden etwas sank und die Gletscher der skandinavischen Halbinsel radial nach Süden, Osten und Westen vordrangen. Sie überschritten die Ost- und Nordsee und brachten auf ihrem Wege das Material, welches sie in Gestalt einer Grundmoräne mit sich schleppten, zum Absatze.

Über die Art und Weise, wie es dem Gletschereise möglich gewesen ist, eine Grundmoräne von 60 und mehr Meter Mächtigkeit abzusetzen, waren die Ansichten längere Zeit nicht geklärt. *Haas*¹⁾ hatte darauf hingewiesen, dass die Grundmoräne auf keinen Fall als Ganzes unter dem Eise fortgeschoben sein kann. Nach seiner Hypothese sollte, da der Schmelzpunkt des Eises bei Druck unter 0° herabsinkt, die 3—400 m mächtige Eisdecke ihren unteren Teil durch den eigenen Druck in den flüssigen Zustand übergeführt haben. Es befand sich somit zwischen Eis und der Schicht, die später beim Trocknen den Geschiebemergel lieferte, eine Wasserschicht von ca. 2 m Höhe, welche die Fortbewegung des Eises erleichterte und einen Angriff desselben auf die Grundmoräne verhinderte.

Gegen diese Hypothese lassen sich viele gewichtige Einwände erheben und man stimmt heute im allgemeinen darin überein, dass der Geschiebemergel derartig zum Absatze gekommen ist, dass das

¹⁾ Mitteil. a. d. Min. Institut Kiel. Bd. I, Heft 2, 1889.

vorrückende Inlandeis immerfort neues Grundmoränenmaterial herbeischaffte und auf die unteren, zur Ruhe gekommenen Massen auflagerte. Hiermit stimmt *Wahnschaffe's* Beobachtung¹⁾ in Rüdersdorf überein, dass die Kalkbruchstücke einer dortigen Lokalmoräne nur in einem bestimmten Horizonte vorkommen, in dem darüber liegenden Geschiebemergel jedoch fehlen. Schwer erklärlich ist allerdings der Umstand, wie bei der immer neuen Zufuhr von Material und dem Absatze des neuen auf das zur Ruhe gekommene alte eine Schichtung im Geschiebemergel niemals bemerkt wird.

Die Vereisung des norddeutschen Flachlandes war anscheinend eine zweifache; Beobachtungen über die Mächtigkeit der beiden Geschiebemergel haben gelehrt, dass die zweite Vergletscherung nicht so intensiv wie die erste gewesen ist. Der Streit, ob wir beide Vereisungen einer Eiszeit zurechnen und in dieser nur von einer zweifachen Oscillation reden sollen, oder ob thatsächlich zwei Eiszeiten vorhanden gewesen sind, ist wenig von Bedeutung, um so mehr, als wir wissen, dass das Eis auch in jeder der beiden Eiszeiten stellenweise mehrfache oscillatorische Bewegungen ausgeführt hat. *Penck*²⁾ hat sogar drei Eiszeiten angenommen, indem er aus den unter dem unteren Geschiebemergel vorkommenden Sanden, Granden und Thonen schloss, dass dieselben aus einer zerstörten älteren Grundmoräne hervorgegangen sind. *Keilhack*³⁾ hat dann gleichfalls das Vorhandensein dreier Eiszeiten angenommen. Er fasst als erste Grundmoräne den Geschiebemergel unter dem baltischen Höhenrücken auf, während sie weiter südlich durch Sande unter dem Kalklager von Belzig

¹⁾ Ursachen d. Oberflächengest. d. nordd. Flachl. 1891, p. 85.

²⁾ Die Geschiebetormation Norddeutschlands. Z. d. d. g. Ges. 1879, p. 157. — Das Deutsche Reich. 1887, p. 512.

³⁾ *Fiebelkorn*, Geol. Ausfl. in die Umg. von Berlin. 1896, p. 130.

repräsentiert wird. *Wahnschaffe*¹⁾ hat im Anschlusse daran darauf hingewiesen, dass die nordisches Material führenden Sande unter der Paludinenbank im Spreethale wohl als fluvio-glaciale Gebilde einer ersten Eiszeit in *Keilhack's* Sinne aufzufassen sind.

In technischer Hinsicht ist die Frage, ob zwei oder drei Vereisungen in Norddeutschland aufgetreten sind, unwesentlich, da der Geschiebemergel der ersten der drei Eiszeiten nirgends und auch der der zweiten Eiszeit nur in sehr beschränktem Masse Verwendung findet.

Der Löss.

Die Entstehung des Löss ist eine vielumstrittene Frage, die noch heute ihrer endgiltigen Lösung harret. Im allgemeinen stehen sich zwei Hypothesen schroff gegenüber: Nach der einen ist der Löss ein äolisches, nach der anderen ein fluviales Absatzprodukt.

Der Hauptvertreter der äolischen Richtung ist *v. Richthofen*²⁾, welcher sich auf jahrelangen Reisen in China seine Ansicht gebildet hat. Auf einem Areale von tausenden von Quadratmeilen bedeckt hier der Löss weite Gebiete bis zu einem Maximum von fast 700 m Mächtigkeit. Bei der Erklärung der Bildung dieser Ablagerungen geht *v. Richthofen* davon aus, dass die Verwitterungsprodukte der zu Tage tretenden Gesteine durch den Wind gesondert und getrennt werden: Die groben Fragmente bleiben liegen, während die Sandkörner als Flugsand fortgetrieben werden, um sich unter günstigen Verhältnissen wiederum zu sammeln und zu Sandwüsten anzuhäufen, während das feinste Verwitterungsmehl, besonders in Gegenden mit abwechselnd trockenen und nassen Jahreszeiten, in Form von Staubwinden in grosse Entfernungen fortgetragen wird. Fällt

¹⁾ Z. d. d. g. Ges. 1895, p. 745.

²⁾ China, Bd. I. Berlin 1877, p. 56—125.

dieser Staub auf Flächen, welche von Vegetation bedeckt sind, so wird er hier festgehalten und häuft sich bei horizontaler oder schwach geneigter Lage der Fläche allmählich an und wächst in die Höhe. Der Wurzelhorizont der Gewächse wird damit ebenfalls erhöht und der Löss erhält damit die röhrenförmigen Abdrücke der Wurzeln der von ihm erstickten Steppengräser. Gleichzeitig umschliesst er die Gehäuse zahlloser Landschnecken und die Rücken der die Steppe bewohnenden Tiere. Unter dem Einflusse der Trockenheit des Klimas werden auf diese Weise die tiefsten Thäler und die weitesten Bodeneinsenkungen abflussloser Gebiete mit Löss ausgefüllt. Selbst ziemlich bedeutende Erhöhungen verschwinden unter der umhüllenden Decke und schliesslich entsteht eine flachbeckenförmige, von Gebirgen umrahmte Steppe. Tritt später ein feuchteres Klima an die Stelle des trockeneren, so schneiden die fallenden Regenwasser ein tiefes und weitverzweigtes Furchensystem in den Steppenboden ein. Die Schluchten verdanken jedoch nicht einer Erosion von oben nach unten ihre Entstehung, sondern ihre Bildung findet von unten nach oben statt, indem das Regenwasser auf den zahlreichen Spalten und durch die vielen Röhren nach unten sickert, sich hier ansammelt und Auswaschungen vornimmt. Von oben her stürzt Material nach, und es würden infolge der Neigung des Löss, senkrechte Wände zu bilden, enge Schluchten mit vertikalen Wänden entstehen, wenn nicht vielfache Lagen von Lössmännchen den Löss durchsetzen und Unterbrechungen des Absturzes bedingen würden. Auf diese Weise bildet sich ein grossartiges Terrassensystem, dessen Eigentümlichkeiten *v. Richthofen* in überaus anziehender Weise schildert.

Die *Richthofen'sche* Hypothese ist auf andere Lössablagerungen übertragen worden und eine grosse Anzahl von Geologen hat sich ihr angeschlossen. Für die

äolische Bildung der norddeutschen Lösslager sind besonders *Nehring*¹⁾, *Jentsch*²⁾ und *Sauer*³⁾ eingetreten. Als Gründe für ihre Ansicht haben sie das Auftreten von Dreikantern unter dem Löss Sachsens, die deutliche, häufig sogar vollendete Abrundung der Quarzkörner im Löss von Meissen, das Auftreten von Landconchylien und einer Steppenfauna etc. angeführt. *Wahnschaffe*⁴⁾ hat indessen ganz überzeugend darauf hingewiesen, dass alle diese Beweisgründe ohne Schwierigkeiten widerlegt werden können, und er vertritt in Übereinstimmung mit *Klockmann*⁵⁾ die Ansicht, dass zum mindesten der Löss der Magdeburger Börde, sowie überhaupt der am Rande des norddeutschen Flachlandes auftretende als ein Wasserabsatz zu betrachten ist.

Wahnschaffe nimmt mehrere mit einander in Verbindung stehende Staubecken an, welche sich in der Abschmelzperiode der letzten Vereisung zwischen dem zurückschmelzenden Eisrande und dem Nordrande der deutschen Mittelgebirge bildeten. In diese Becken, die einen langsamen Abfluss nach Nordwesten und eine nur schwache Strömung besaßen, so dass die feinsten thonigen Teile noch fortgeführt wurden, ohne zum Absatze zu gelangen, mündeten die nach Norden fließenden Wasser und die vom Eisrande nach Süden strömenden Gletscherschmelzwasser. Die letzteren brachten den feinen Abhub

1) Über den Charakter der Quartärfauna von Thiede bei Braunschweig. N. Jahrb. f. Mineral. 1889, I, p. 86.

2) Beitrag zum Ausbau der Glacialhypothese in ihrer Anwendung auf Norddeutschland. Jahrb. d. kgl. preuss. geol. Landes-Anst. f. 1884, p. 522.

3) Über die äolische Entstehung des Löss am Rande der norddeutschen Tiefebene. Zeitschr. f. Naturw. Bd. 62. Halle 1889.

4) Die Ursachen der Oberflächengest. etc. 1891, p. 132.

5) Die südl. Verbreitungsgrenze des oberen Geschiebemergels und deren Beziehung zu dem Vorkommen der Seen und des Lösses in Norddeutschland. Jahrb. d. kgl. preuss. geol. Landes-Anst. f. 1883, p. 238.

der kalkhaltigen Grundmoräne mit sich. Nachdem die Gebiete später trocken gelegt waren und der Löss sich als gleichmässige Decke niedergeschlagen hatte, ohne aber die Unebenheiten des Bodens auszugleichen, entstand auf dem fruchtbaren Absatze eine üppige steppenartige Grasvegetation. Die Wurzeln der Gräser drangen tief in den Löss ein und gaben nach ihrem Absterben Veranlassung zur Bildung kleiner Kalkröhrchen. Die alljährlich absterbende Grasvegetation verursachte eine Anreicherung des Humusgehaltes in der Oberkrume, wodurch eine Schicht entstand, die gewissen russischen Schwarz-erden (Tschernosem) gleicht.

Ich¹⁾ habe mich der Hypothese *Wahnschaffe's* bei der Untersuchung der Lössablagerungen im Kreise Weissenfels vollkommen anschliessen können. Zwischen diesem Vorkommen und dem in der Magdeburger Börde besteht ein Zusammenhang durch Lössbildungen, die sich über Halle und Aschersleben erstrecken.

Neuerdings hat *Keilhack*²⁾ in der November-Sitzung (1898) der deutschen geologischen Gesellschaft darauf hingewiesen, dass wir für die Ablagerungen bei Meuselwitz zwei Lösshorizonte wie in Süddeutschland unterscheiden müssen, welche beide durch eine humusreiche Bank getrennt werden. Eine gleichartige Sonderung wird auch für den Löss im Kreise Weissenfels durchführbar sein, da dort ebenfalls humusreiche Zwischenbänke auftreten (Grube No. 354), stellenweise sogar mehrfach übereinander (Grube Johannes II). *Wahnschaffe*³⁾ betonte im Anschlusse an die *Keilhack's*chen Mitteilungen, dass eine derartige Trennung zweier Lösslager von einander auch für die Magdeburgische Börde vielleicht durchführbar

¹⁾ Die Braunkohlenablagerungen zwischen Weissenfels u. Zeitz. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1895, p. 402.

²⁾ Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1898, p. 411.

³⁾ Ebendort, p. 408.

sein wird, von ihm bei der geringen Tiefe der Aufschlüsse jedoch seiner Zeit nicht beobachtet werden konnte.

Lehm.

In dem beschreibenden Teile dieser Arbeit unterschieden wir Verwitterungslehm und Schlammlehm. Ziehen wir den ersteren wieder zuerst in den Kreis unserer Betrachtungen, so ist er das Verwitterungsprodukt von gemengten krystallinischen Felsarten, die kieselsäurereichen Feldspat, Biotit oder Hornblende und Quarz enthalten. Hierhin gehören hornblendeführende Granite, Syenite, Gneise, Diorite, gewisse Felsitporphyre, Trachyte und seltener Melaphyre. Auch Diallage schliessen sich an. Die Entstehung des Lehmes geht bei der Verwitterung der genannten Gesteine so vor sich, dass der Feldspat in Thon übergeht und Glimmer und Hornblende neben etwas Thonsubstanz freie Kieselsäure und Eisenoxydhydrat liefern. Die drei neuen Produkte verbinden sich innig miteinander und ergeben eine magere, mit überschüssiger Kieselsäure und überschüssigem Eisenoxydhydrat reichlich gemischte Thonerde, welche auf primärer Lagerstätte gewöhnlich noch mit halbzersetzten Stücken des Muttergesteines gemengt ist. Erst wenn der Regen das Zersetzungsprodukt von seinem Lager fortspült, findet eine Schlammung und Sonderung der Bestandteile statt und das Lehmlager wird in der Korngrösse um so gleichmässiger, je weiter es von seiner ersten Lagerstätte entfernt liegt.

Anderer Entstehung ist der Verwitterungslehm, welcher Mergellager als Muttersubstanz besitzt. Hier dringen die Sickerwasser fortgesetzt von oben her in die Tiefe und lösen infolge ihres Gehaltes an Kohlensäure den Kalk auf und nehmen ihn in tiefer gelegene Partien mit. Die Folge davon ist, dass der Mergel in seinen oberen Lagen immer kalkärmer wird und schliesslich in typischen Lehm übergeht.

Gleichzeitig wird das in dem Mergel vorhandene Eisenoxydul infolge seiner Begierde, sich höher zu oxydieren, in Eisenoxydhydrat übergeführt, wodurch der Lehm seine rostbraune Färbung erhält. Durch die Entziehung des Kalkes nimmt der Thongehalt im Lehm relativ zu. Zu gleicher Zeit wird Thon von den Sickerwässern jedoch auch entsprechend der Durchlässigkeit des Sandes nach unten geführt und die Folge davon ist, dass das der Verwitterung ausgesetzte Mergellager immer kalk- und thonärmer wird, je höher man hinaufgeht. Entsprechend dem Gehalte an beiden Substanzen unterscheidet man von unten nach oben: Mergel, sandigen Lehm, lehmigen Sand, Sand. Solche Verwitterungserscheinungen treten überall da auf, wo direkt Mergel oder Löss ansteht, resp. überhaupt mergelige Bildungen, wie z. B. Thonmergel, auftreten.

Die Entstehung von Schlammlehm ist darauf zurückzuführen, dass die Bestandteile des Lehmes durch Regen- oder Flusswasser zusammengeschwemmt werden. Die Sandkörnchen werden hierbei gleichmässig mit den Lehmteilchen vermengt und von ihnen so fest umhüllt, dass sie sich trotz ihres grösseren Gewichtes nicht mehr von ihnen trennen und allein zu Boden sinken können. Der Schlammlehm liegt gewöhnlich in den Seitenbuchten der Ausgangsthäler von Gebirgen, dort, wo der sie durchziehende Fluss in die Ebene eintritt. Andererseits findet man ihn jedoch in grosser Mächtigkeit in den Becken und Betten ehemaliger ausgedehnter Seen und Flüsse. Verwitterungs- und Schlammlehm gehen ineinander über, wenn der erstere von seiner primären Lagerstätte fortgewaschen wird.

Laterit.

Zur Entstehung des Laterits liefern die verschiedensten Felsarten, wie Gneis, Diorit, Granit, Glimmerschiefer und andere krystallinische Schiefer,

Sedimentärgesteine, Eruptivgesteine, wie Basalt und andere, das Material. Ueber die näheren genetischen Verhältnisse des Laterits und über die einzelnen chemischen und mechanischen Vorgänge bei seiner Entstehung ist man noch im Unklaren.

*Bauer*¹⁾ fand auf Grund mikroskopischer wie chemischer Untersuchungen an Granitlaterit und an Dioritlaterit, dass die eigentliche Lateritsubstanz nicht ein wasserhaltiges Thonerde- (bzw. Eisenoxyd-) Silikat, sondern ein Thonerdehydrat mit einer mehr oder weniger grossen, von der Natur des ursprünglichen Gesteines abhängigen Menge von Eisenhydroxyd ist. Die Lateritbildung würde also im Wesentlichen auf der Entfernung aller Kieselsäure und aller alkalischen Bestandteile beruhen, sodass nur die mit Wasser verbundene Thonerde zurückbleibt, unter gleichzeitiger Ausscheidung von freiem Hydroxyd und dem in dem betreffenden Gesteine vorhandenen Eisen. Ausser diesen Lateriten auf primärer Lagerstätte finden sich noch solche auf sekundärer (Fregatten-Insel). Es ist abzuwarten, wieweit diese Erklärung durch andere Forscher bestätigt wird.

Terra rossa.

Die Entstehung der Terra rossa ist ebenfalls noch ein ungelöstes Problem. *Neumayr*²⁾ weist darauf hin, dass zwei Punkte hier von Bedeutung sind. Der eine betrifft die Frage, warum nur reine Kalke Terra rossa liefern, der andere behandelt die Frage, wie in diese Kalke der rote eisenhaltige Thon gelangt ist. Die erste Frage löst *Neumayr* selbst sehr einfach und schnell durch den Hinweis darauf, dass in allen unreinen Kalken grau-gefärbte thonige Substanzen mit verhältnismässig geringem Eisengehalte in grösserer Menge vorhanden sind; sie liefern also einen anders gearteten Rück-

¹⁾ Beiträge zur Geologie der Seyschellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterits. N. Jahrb. f. Min. etc. 1898, II, p. 163.

²⁾ Erdgeschichte. 1886. I, p. 405.

stand. Zur Beantwortung der Frage, woher der Thon der reinen Kalke stammt, nimmt *Neumayr* den roten Thon der Tiefsee zu Hilfe und sieht in ihm die Parallele zu dem roten Rückstande der weissen Kalke. Ich kann mich der Anschauung des Forschers nicht anschliessen, da es sehr zweifelhaft erscheint, ob alle die Kalklager, welche Terra rossa liefern, in der That als Tiefseekalke aufgefasst werden können. Die zweite Frage *Neumayr's* bleibt somit noch offen, wenn man nicht einfach annehmen will, dass beim Absatze des Kalkes ein feiner Thon mit eingeschwemmt wurde, der wenig mangan-, dagegen stark eisenhaltig war und bei einer späteren Verwitterung des Kalkes den rotbraunen Rückstand lieferte. Bei der geringen Menge des Thones fand eine Einwirkung des Eisens auf die Farbe des Kalkes nicht statt.

Letten.

Letten stellen ein zusammengeschwemmtes Material dar. Wo teils in Vermooring begriffene oder teils schon durch Moorschlamm, Torf und Sand ausgefüllte Seen des Binnenlandes sich finden, wo sumpfige oder moorige Uferbuchten auftreten oder viel Erdschlamm mit sich führende Flüsse langsam dahinfließen, ist der Mutterschoss der Letten. Mündet in einem Binnensee mit geringem Abflusse, aber mit zahlreichen, tief in die Ufer eingreifenden Buchten ein Schlamm und Sand mitbringender Fluss, so setzt sich in den Buchten zu den Seiten der Flussmündung Lehm mit grobem Sande ab, in den weiter entfernt gelegenen Seebuchten finden wir einen feineren Lehm und in den tiefsten und abgelegensten Stellen des Sees bildet sich ein fast reiner thoniger Schlamm. Schwimmende Wasserpflanzen sinken hier nach ihrem Absterben herab und bilden eine schleimige Humusmasse, die sich innig mit dem Schlamm mischt und die unterste Lettenlage bilden hilft. Nach und nach wächst das Lettenlager immer höher und bietet

schliesslich auch wohl wurzelnden Wasserpflanzen einen Standort. Diese bilden nach dem Untersinken eine torfige oder kohlige Masse, die feinverteilte Zwischenlager zwischen je zwei Schlammschichten darstellt. Nach der späteren Ausfüllung und Austrocknung des Sees bildet das so entstandene Lager die gemeinen oder kohligen Letten. Wie in den Uferbuchten ehemaliger Binnenseen und Ströme treten sie naturgemäss auch in den Marschgebieten am Strande des Meeres oder auch in den Watten auf. Durch Vorwalten von Thon entstehen Thonletten, durch reichliche Einlagern von Glimmer Glimmerletten.

Schlick (Schluff).

Der Schlick kann Meeresabsatz und Flussablagerung sein. Im ersteren Falle entsteht er dadurch, dass das Wasser des Meeres zur Sommerzeit mit unendlichen Mengen verwesender Organismenreste angefüllt ist, welche sich zusammen mit den erdigen und humosen Schlammteilen absetzen, die die täglich mehrmals wiederkehrende Flutwelle mit sich bringt. Jede Flutwelle bringt neuen Schlamm und jede vermehrt die Ablagerungen so lange, bis sie so hoch geworden sind, dass sie durch spätere Wellen, ausser bei Sturm, nicht mehr überflutet werden können. Auf diese Weise entstehen die weiten Gebiete der Marschen. Durch veränderte Bedingungen können sich später über dem Seeschlick andere Ablagerungen von grösserer oder geringerer Mächtigkeit absetzen, denen dann vielleicht wieder Schlick folgt.

Flussschlick ist der Absatz von Strömen und Flüssen, welche mit Humus wohl versorgte Ackerländereien überfluten und bei ihrem Rückzuge eine grössere Menge des leicht schlämbaren Humusbodens mit sich fortnehmen; ebenso bekommen sie durch Regenfluten von den waldigen Gehängen der sie umgebenden Berge mit Erde untermengte Humus-

substanz zugeführt, und schliesslich liefern auch die durch den Wind herbeigewehten Pflanzenabfälle und die in ihrem Bette verwesenden Wasserpflanzen Humus in reicher Menge. Die gesamten Humussubstanzen werden dann mit Erdschlamm vermischt und beim Austreten der Flüsse an entfernten Orten zum Absatze gebracht.



1961

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 31814
L. inw.

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298511