



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage**

**Fleischer, Moritz**

**Berlin, 1922**

§ 38. Die Sedimentär-, Glazial- und äolischen Gesteine

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78696](#)

Die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der sauren und basischen Gesteine, die die vorstehende Tabelle aufweist, treten besonders deutlich in der folgenden Zusammenstellung hervor. Es schwankt nach zahlreichen Analysen der prozentische Gehalt:

	bei den sauren Gesteinen	bei den basischen Gesteinen
	zwischen	zwischen
an Kieselerde . . .	54 und 79 %	35 und 63 %.
" Tonerde . . .	10 " 23 "	10 " 21 "
" Kali . . . .	1,3 " 8,0 "	0,1 " 8,0 "
" Natron . . . .	0,4 " 9,0 "	0,2 " 8,0 "
" Kalk . . . .	0,1 " 4,0 "	1,8 " 15 "
" Magnesia . . .	0,1 " 1,5 "	1,1 " 11 "
" Eisenoxyden . .	0,8 " 7,0 "	4 " 17 "

Die Anwesenheit von Quarz in den sauren Gesteinen spricht sich in deren höherem Kieselerdegehalt, die von Orthoklas und Glimmer in dem fast immer höheren Reichtum an *Kali* aus. Dagegen machen sich bei den basischen Gesteinen deren wesentliche Bestandteile, Augit und Hornblende, durch ihren größeren *Kalk*- und *Magnesia*-gehalt bemerklich. Auch die Plagioklase, die von den Feldspaten vornehmlich an der Zusammensetzung dieser Gesteinsgruppe sich beteiligen, enthalten allermeist größere Mengen von Kalk und Magnesia, die den Gehalt der basischen Gesteine an diesen Stoffen noch vermehren.

### § 38.

**Die Sedimentär-, Glazial- und äolischen Gesteine.** Unter dem Einfluß gewisser Kräfte, die wir bei den Erörterungen über die Vorgänge der Bodenbildung eingehender zu besprechen haben werden, und unter denen die Wirkungen des fließenden Wassers und des schiebenden Eises eine besonders wichtige Rolle spielen, erleiden die Urgesteine eingreifende Umwandlungen, teils mechanischer, teils chemischer Natur. Sie werden in größere und kleinere Bruchstücke zertrümmert, diese werden vom Wasser fortgeführt, durch Aneinanderreiben zu immer feineren Teilen zermahlen und je nach ihrer Größe und ihrem spezifischen Gewicht bald früher, bald später abgelagert. Gleichzeitig hiermit gehen die chemischen Um-

---

Masse (s. unten unter Tongesteine), ein. Wenn diese auf Lagerplätzen ausgebreitet allmählich austrocknet, entstehen gleichfalls beim Schwinden der Masse säulenartige Gebilde.

wandlungen der Gesteinsgemengeenteile vor sich, die bereits früher bei der Besprechung des chemischen Verhaltens der Mineralien (§§ 13—26) angedeutet wurden. Auch die im Wasser gelösten Gesteinsbestandteile der Urgesteine (die leicht löslichen Chloride, Sulfate, Nitrate — s. o.) können infolge der allmählichen Verdunstung des Lösungswassers sich ausscheiden und zum Absatz gelangen. Die mannigfaltigen Produkte aller dieser Vorgänge bezeichnen wir als „Sedimentär“ oder „Flözgesteine“. Charakteristisch für dieselben ist namentlich ihr Aufbau aus einzelnen, bisweilen ganz verschiedenartigen, durch parallele Absonderungsflächen begrenzten *Schichten* oder *Bänken*, ferner das Vorkommen von Gerölle, die schon durch ihre Gestalt auf die Beteiligung des Wassers oder Eises an der Gesteinsbildung hindeuten, und das Auftreten von tierischen und pflanzlichen Resten. Je nachdem bei ihrer Entstehung hauptsächlich nur mechanische Kräfte in höherem oder geringerem Maße, oder außerdem noch chemische Umwandlungen wesentlich mitgewirkt haben, lassen sich die Flözgesteine in die folgenden Untergruppen einteilen.

**1. Sand, Kies, Grus, Schutt oder Schotter, Gerölle.** Man versteht darunter wesentlich durch mechanische Einwirkung auf feste Gesteine entstandene, hauptsächlich nach Größe und äußerer Form unter sich verschiedene lose neben- oder übereinander liegende Gesteinstrümmer. Die *Sande*, bestehend aus kleinen Mineralbruchstücken von mindestens 0,05 mm Durchmesser, bilden dem äußeren Ansehen nach in sich gleichartige Massen. Da über ihre Entstehung lange Zeit vergangen ist, so sind ihnen viele leichter angreifbare Mineralbestandteile entzogen worden, während die widerstandsfähigsten sich stark angehäuft haben. Die meisten Sande sind daher reich an Kieselerde („Quarzsand“). Neben dem Quarzsand enthalten aber fast alle Sande und besonders, im Gegensatz zu den Tertiärsanden, die der Quartärformation (Alluvium und Diluvium) noch mehr oder weniger unzersetzte Gesteinstrümmer (*Grande*), nicht selten auch nachträglich eingeschlammte mineralische Bestandteile (Aluminium-, Eisen-, Calciumverbindungen) oder auch Rückstände pflanzlicher oder tierischer Natur. So bildet sich unter dem Einfluß der dem Sande auflagernden Humusschicht der „Bleisand“ oder „Bleichsand“, ein ausgebleichter bleigrauer, schwach humoser, wenig fruchtbarer Sand, der sich vielfach unter Hochmooren und in den tieferen Schichten heidewüchsiger Sandböden findet.

Die Diluvialgrande pflegen um so reicher an Kalk und Feldspatmineralien zu sein, je größer ihr Korn ist. Dementsprechend enthalten auch die Sande des Diluviums bis zu einer gewissen Grenze um so mehr Quarz, aber um so weniger Feldspat und Kalk, je feinkörniger sie sind. Dagegen steigt der Kalkgehalt in den allerfeinsten Teilchen wieder bis zu beträchtlicher Höhe.

Als *Spatsand* bezeichnet man einen an Feldspatkörnchen reichen, meist etwas kalkhaltigen, groben bis sehr feinkörnigen, als *Mergelsand* einen aus feinstem Quarz und anderem Gesteinsstaub bestehenden, oft bis 15 und mehr Prozent Calciumkarbonat enthaltenden Sand, der in feuchtem Zustande große Ähnlichkeit mit Ton besitzt, beim Austrocknen zwar etwas erhärtet, aber schon bei leichtem Druck zu Staub zerfällt. Durch Auswaschung des Kalks geht er in den durch Eisen oder andere Beimengungen meist rötlich gefärbten „Schlepp“ oder „Schliffsand“ über. Aufnahme von Ton wandelt ihn in „Fayencemergel“ um. Beide Sande gehören dem *Diluvium* an.

Die Sande des *Alluviums*, sowohl die vom Winde („äolische“ Bildungen) als die durch die Tätigkeit des Wassers abgelagerten, unterscheiden sich von denen des Diluviums hauptsächlich durch das Fehlen von Kalk und durch gleichmäßige Körnung.

Die vom Winde verwehten besonders feinkörnigen, ton- und kalkarmen<sup>1)</sup> Sande, allermeist diluvialer Herkunft, werden *Flugsand* oder *Dünensand* genannt. Zu ihnen gehören auch die Wüstensande.

Die sehr feinkörnigen Sande, so der „Schlepp“ (s. o.), bilden mit Wasser die „schwimmenden“, „fließenden“, „Trieb“- oder „Flott“-Sande, die sich wie dickliche Flüssigkeiten verhalten und unter Druck gesetzt aus vorhandenen Spalten hervorquellen.

Als „Kies“ bezeichnet man Anhäufungen von Sandkörnern von der Größe kleiner Erbsen, als „Grus“ solche von erbsen- bis haselnußgroßen Gesteinstrümmern.

„Schutt“ oder „Schotter“ nennt man besonders grobe Gesteinsbruchstücke, die, meist in unmittelbarer Nähe des Muttergestein liegend, noch wenig verändert, also scharfkantig sind. Werden sie durch fließendes Wasser oder durch vorrückendes Eis (Gletscher, Moränen) unter äußerer Abschleifung und Abrundung vom Ort ihrer Entstehung fortgeführt, so entstehen daraus die „Gerölle“.

**2. Sandsteine, Breccien, Konglomerate.** Vielfach gehen die Sande, Schotter und Gerölle wieder in feste Gesteine über, indem die erst lose beieinander liegenden Gesteinsreste durch Bindemittel verschiedenster Art verkittet werden. Zu den Bindemitteln von großer Klebkraft gehören in erster Linie Stoffe über die unten (§ 84, 85) eingehend berichtet werden soll, gewisse *Kolloide*. Man rechnet dazu unter vielen anderen Stoffe mineralischer Natur, so die gallertartige Kieselsäure (S. 31), das Eisen-

<sup>1)</sup> In Flugsandhügeln vorkommende kalkreiche Bildungen sind von außen her eingeweht oder eingeschwemmt. (Reste von Schnecken- und Muschelgehäusen, ferner die sogenannten „Beinbruchsteine“, Überreste von Baumwurzeln, die das eingeschwemmte Calciumkarbonat in sich angehäuft und bei ihrer Vermoderation als eigentümliche röhrenförmige Gebilde zurückgelassen haben.)

hydroxyd und Aluminiumhydroxyd (S. 50) und Ton, aber auch Verbindungen pflanzlicher Herkunft wie die Humusstoffe.

Aus den Sanden entstehen die *Sandsteine*, aus dem scharfkantigen Schutt die *Breccien*, aus den abgerundeten Gesteinstrümmern, den Geröllen, die *Konglomerate*. Diese verschiedenen Gebilde finden sich in zahlreichen geologischen Formationen. Dem Vorkommen des Sandsteins in verschiedenen *Formationen* entsprechen z. B. die Benennungen: Silur-, Steinkohlen-sandstein, Buntsandstein, Keuper-, Lias-, Molassesandstein, während man den Sandstein der Kreideformation wegen seiner eigentümlichen Schichtung als „Quadersandstein“ bezeichnet. Neben dem Gehalt des Sandes an unzersetzten Gesteinstrümmern und nachträglich hinzugetretenen Stoffen (s. o.) ist die Art des Bindemittels, welches die Sandkörner zu Sandstein zusammenkittete, entscheidend für die Zusammensetzung des letzteren. Es kann neben den oben genannten Kolloiden auch aus Calciumverbindungen, Calciumkarbonat, Calciumsilikat, bestehen. Je nach der Natur des Bindemittels unterscheidet man *kieseligen*, *tonigen*, *eisenschüssigen*, *kalkigen*, *Humus Sandstein*. Eine Abart des Humus-Sandsteins bildet der *Ortstein* („Ur“, „Ahl“, in Frankreich: „Alios“, „Fuchserde“), eine meist wenig mächtige Sandsteinschicht von größerer oder geringerer Festigkeit, deren Entstehung darauf zurückzuführen ist, daß organische, aus abgestorbenen Gewächsen, namentlich aus heidekrautartigen Pflanzen ausgelaugte Humusstoffe in den darunter liegenden Sand eingedrungen sind und dessen Körner verkittet haben<sup>1)</sup>.

Die verschiedene Zusammensetzung der Sandsteine möge durch die folgenden Analysen belegt werden:

	Kieseliger Sandstein %	Toniger Sandstein %	Eisen- schüssiger Sandstein %	Kalkiger u. toniger Sandstein %	Ortstein %
Kieselerde ( $\text{SiO}_2$ ) . . . . .	<b>98,5</b>	80,6	70,3	61,2	84,9
Tonerde ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). . . . .	0,8	<b>9,2</b>	8,1	{ } 13,7	10,3
Eisenoxyde( $\text{FeO}$ u. $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0,5	2,4	<b>9,5</b>		0,5
Kalk ( $\text{CaO}$ ). . . . .	Spur	1,3	1,1	<b>10,5</b>	0—0,5
Magnesia ( $\text{MgO}$ ) . . . . .	0,24	1,3	0,3	0,6	0,2
Humose Stoffe . . . . .	?	?	?	?	<b>2,1—10</b>
Kali ( $\text{K}_2\text{O}$ ) . . . . .	Spur	1,7	1,7	0,9	0,8
Natron ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) . . . . .	Spur	1,4	1,9	0,8	1,0
Phosphorsäure ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) . . .	?	0,1	?	0,1	0,1
Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ) . . . . .	—	—	—	<b>7,3</b>	—

<sup>1)</sup> Die Bezeichnung „Ortstein“ wird in verschiedenen Gegenden und auch von mineralogischen Schriftstellern für Naturerzeugnisse von offenbar verschiedener

Die Härte und auch die sonstigen Eigenschaften der Sandsteine sind sehr verschieden. In einem und demselben Steinbruch findet man Schichten, die vom Bodenwasser durchsetzt, im „bergfeuchten“ Zustand sich mit einem schwachen Messer schneiden lassen, und andere, die äußerst harte Gesteine liefern. Auch beobachtet man nicht selten in Wechsellagerung ganz feinkörnige und grobkörnige bis konglomeratartige Schichten.

Bei den *Breccien* und *Konglomeraten* zeigt die Art des Bindemittels einen geringeren Einfluß auf deren Zusammensetzung als bei den Sandsteinen, weil es seiner Menge nach weit hinter den groben Gesteinstümbern zurücktritt<sup>1)</sup>.

**3. Die Tone und Tongesteine** unterscheiden sich von den bisher besprochenen Untergruppen namentlich dadurch, daß sie im wesentlichen aus den staubfein verteilten Produkten tief eingreifender chemischer Zersetzung der ursprünglichen Gesteine bestehen. Ihr Hauptbestandteil ist stets Aluminiumsilikat, das aber fast immer von größeren oder geringeren Mengen unverbundener Kieselerde (Quarzsand) und anderen mehr oder weniger veränderten Bestandteilen des Muttergesteins begleitet ist. Je mehr die Nebenbestandteile, z. B. feiner Quarzsand, Glimmerblättchen, Eisenhydroxyd, vorwiegen, um so mehr verliert der Ton die den Kaolin auszeichnende Eigenschaft der Plastizität (S. 41). Betragen die Nebenbestandteile 70—80% der Gesteinsmasse, so bezeichnet man diese als *Lehm*. „Geschiebe“- oder „Block“lehm nennt man einen durch Auswaschung des Kalks aus dem Geschiebemergel (s. u. Nr. 5 a) hervorgegangenen, fast stets ungeschichteten, bisweilen mehr tonigen, meist aber stark sandigen,

---

Herkunft und Art gebraucht. Manche Mineralogen (Senft, Credner, Klockmann) rechnen den Ortstein schlechtweg den Raseneisensteinen oder Limoniten (S. 50) zu, deren charakteristische Bestandteile Eisenverbindungen sind. Dagegen sind die hauptsächlich in Holland, Hannover, Schleswig-Holstein, Mecklenburg auftretenden, nach neueren Untersuchungen aber auch im Buntsandsteinboden und im Granitboden des Schwarzwaldes vorkommenden Ortsteinbildungen nicht selten ganz eisenfrei, so daß sie beim Glühen feinen weißen Sand hinterlassen. Bisweilen treten sie in leicht zerreiblicher Form als „Ortsand“, bisweilen aber auch in steinharten, für das Bodenwasser und die Pflanzenwurzeln gänzlich undurchlässigen Schichten auf. Nach dem Durchbrechen mit geeigneten Pflügen an die Oberfläche befördert, zerfällt der eigentliche Ortstein infolge Verwesung der Humusstoffe zu heilem Sand.

<sup>1)</sup> Wenn auch auf andere Weise entstanden, so schließen sich diesen Gesteinen, ihrer äußeren Beschaffenheit nach, die Lava-Schlacken an, gröbere vulkanische Ausbruchsprodukte („Lapilli“), deren Muttergestein meist Basalt oder Trachyt ist. Gleichzeitig werden häufig von Vulkanen feinkörnigere Produkte ausgeworfen, deren gröbere man als *vulkanische Sande*, deren staubförmige Teile man als *vulkanische Aschen* oder, wenn sie für sich oder durch ein Bindemittel verkittet sich zu festen Massen aneinander gelagert haben, als *Tuffe* bezeichnet.

kleinere und größere Steine und Blöcke einschließenden, „Lößlehm“ einen ebenso aus ursprünglich kalkreichem Löß (s. u. Nr. 5 b) entstandenen, sehr feinkörnigen Lehm. Tonablagerungen gehen sehr häufig, wahrscheinlich unter dem Druck darüber befindlicher Wasser- oder Gesteinsmassen, in feste Gebirgsarten (*Tongestein*) über, die man, wenn sie zwar ausgesprochen schiefrig<sup>1)</sup>, dabei aber noch nicht sehr fest sind, „Schieferton“, wenn sie bei deutlich schiefrigem Gefüge große Härte besitzen, „Tonschiefer“ nennt. Als „Bänderton“ bezeichnet man schiefrige Tonabsätze aus Gletscherschmelzwässern (s. u.), die bisweilen durch die verschiedene Körnigkeit und Färbung der „Bänder“ („Jahresringe“) die Jahreszeit ihrer Entstehung erkennen lassen. Nur schwache Schieferung zeigt der *Letten*, ein zäher, dabei häufig an sehr feinem Sand reicher, beim Austrocknen steinartig erhärtender, im Wasser allmählich zerfließender Ton. Tongesteine finden sich in allen Formationen. Die Tonschiefer der ältesten Formationen bezeichnet man als *Urtonschiefer*, *Tonglimmerschiefer* oder *Phyllit*. Im Gegensatz zu den harten Tongesteinen kommen die *Tone* hauptsächlich in der Tertiärformation, aber auch im Diluvium und Alluvium vor.

Unter den Tonen des Alluviums unterscheidet man zwischen dem aus *stehendem* Wasser abgeschiedenen, größeren Sand kaum enthaltenden, an Calciumkarbonat oft reichen *Wiesenton* (im Untergrunde mancher Moore) und aus dem *langsam fließendem* Wasser abgesetzten *Flußton* oder *Schlick* in den Niederungen und Deltabildungen der norddeutschen Ströme. Mit der Flussgeschwindigkeit der Gewässer, woraus der Absatz erfolgte, nimmt der Gehalt des Schlicks an größeren Teilen zu. Grobsandige Schlicke bezeichnet man als *Flußlehm*. Die Flusstone und Lehme sind im Gegensatz zu dem Seeschlick (s. unter Nr. 5 c) Nordwestdeutschlands frei von Calciumkarbonat, falls solches nicht aus den Talrändern nachträglich eingeschwemmt worden ist.

Je nach dem Gehalt an Nebenbestandteilen schwankt die Zusammensetzung der Tone und Tongesteine in ziemlich weiten Grenzen, wie die folgenden, einer größeren Anzahl von Analysen entnommenen Grenzzahlen dartun.

---

<sup>1)</sup> Schiefrige Beschaffenheit ist nicht gleichbedeutend mit Schichtung (§ 3 u. S. 62). Zwar entsteht die Schieferung häufig ebenso wie die Schichtung beim Absatz der in stehenden Gewässern schwimmenden Gesteinsteilchen je nach dem größeren oder geringeren spezifischen Gewicht. Sie kann sich aber auch durch Druckwirkungen innerhalb von Gesteinsschichten in Richtungen bilden, die von der Schichtungsrichtung abweichen. (So vermag man auch künstlich Schieferung in Wachs, Ton, Blei durch Einwirkung hohen Druckes hervorzurufen, wenn dabei die Masse nach einer Richtung ausweichen kann.)

	Ton-schiefer	Schiefer-ton	Ton
	%	%	%
Kieselerde ( $\text{SiO}_2$ ) . . . . .	46—75	59—73	49—77
Tonerde ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) . . . . .	24—10	26—16	30—11
Kali ( $\text{K}_2\text{O}$ ) . . . . .	1,6—3,5	1,4—3,2	Spur—4,7
Natron ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) . . . . .	0,5—3,4	0,3—0,8	Spur—2,7
Kalk ( $\text{CaO}$ ) . . . . .	0,2—5,2	0,1—1,2	0,4—4,4
Magnesia ( $\text{MgO}$ ) . . . . .	0,6—3,6	0,3—0,9	0,2—5,9
Eisenoxyde ( $\text{FeO}$ und $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) . . . . .	1,9—1,7	1,0—5,6	7,2—1,0
Phosphorsäure ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) . . . . .	0,1—0,8*	0,5	Spur—2,1

Je nach der geringeren oder größeren Beimengung von Nebenbestandteilen bezeichnet man den Ton als „fett“ oder „mager“.

Über die „kolloidalen“ Eigenschaften des Tons s. u.

**4. Die Kalkgesteine.** Auch diese Gesteine sind das Produkt einer weitgehenden Zersetzung der plutonischen Gesteine. Wie früher (§ 36) dargelegt wurde, enthält eine Gruppe der Eruptivgesteine, die wir als „basische“ Gesteine bezeichneten, größere Mengen von Calciumsilikat. Bei ihrer Verwitterung wandelt sich ein Teil des kieselsauren Calciums in kohlensaures Salz um, das sich in kohlensäurehaltigem Wasser als saures Karbonat löst und so in die natürlichen Gewässer gelangt. (Ein Beispiel für das Auftreten der „Massenwirkung“ — s. § 8 — insofern, als die Verdrängung der Kieselsäure durch die chemisch schwache Kohlensäure nur durch die überwiegende Menge der atmosphärischen Kohlensäure zustande kommt<sup>1)</sup>). Sobald aus den Karbonaten Kohlendioxid abdunstet oder von Wasserpflanzen aufgenommen wird, scheidet sich ein entsprechender Teil des Calciumsalzes als normales Karbonat ab (§ 19). Mannigfache tierische Wesen ferner, die kohlensaures Calcium zum Aufbau ihres Knochengerüstes, ihrer Gehäuse usw. gebrauchen, nehmen es aus seiner Lösung auf und hinterlassen es nach dem Absterben vermischt mit ihren sonstigen Resten. Da in dem Muttergestein der Kalksteine allermeist auch größere Mengen von *Magnesium* vorkommen, so findet neben der Abscheidung von Calciumkarbonat nicht selten auch eine solche von kohlensaurem Magnesium statt, und es entsteht ein Absatz von *Dolomit*<sup>2)</sup> oder *dolomitischen Kalk* (§ 19, 3). Unter dem Druck darüberlagernder Wasser- oder Gebirgsmassen haben sich die zuerst breiigen Absätze zu *Kalkstein* verdichtet. Die wahrscheinlich ohne Mitwirkung lebender Organismen gebildeten Kalksteine gehören meist den ältesten Gebirgsformationen an

<sup>1)</sup> S. übrigens S. 40 Anm.

<sup>2)</sup> So benannt nach dem französischen Mineralogen Dolomieu.

und besitzen ein kristallinisch-körniges Gefüge (Marmor). An der Bildung der den jüngeren Formationen angehörigen Kalkablagerungen haben wohl allermeist pflanzliche oder tierische Lebewesen mittelbar oder unmittelbar mitgewirkt, indem sie dem calciumkarbonathaltigen Wasser Kohlendioxyd und damit das lösende Agens entzogen (§ 19) und so das normale Salz zum Absatz brachten oder das letztere in ihren Organen aufspeicherten<sup>1)</sup>. Sie pflegen sehr feinkörnig oder feinerdig zu sein und zahlreiche Reste der Lebewesen zu enthalten, die an ihrer Bildung tätig gewesen sind. Die Namen *Muschelkalk*, ferner „Terebratel“-, „Enkriniten“-, „Korallen“-, „Nummulitenkalk“ (das Baumaterial der Pyramiden) u. a. sind den Organismen entnommen, deren Überbleibsel man am häufigsten in ihnen findet, und die einst zur Anhäufung des Karbonates beigetragen haben. So sind nach heutiger Anschauung auch die Dolomiten, jene majestätischen Felsgebilde, wie sie z. B. im südlichen Tirol des Wanderers Herz erfreuen, ein Produkt tierischer Tätigkeit: Korallenriffe, die über den Spiegel des früher jene Gegenden bedeckenden Meeres hinauswuchsen<sup>2)</sup>. Auch die *Kreide*, ein erdiger, weicher Kalkstein, bildete sich aus mikroskopisch kleinen Schalen einzelliger Urtierchen („Foraminiferen“, „Polythalamien“ oder „Kammerlingen“), die den Kalk des Meerwassers zum Aufbau ihrer Gehäuse verwenden. Der nach ihrem Absterben zu Boden sinkende Kreideschlamm bedeckt schätzungsweise zwei Fünftel des heutigen Meeresbodens. Durch den gewaltigen Druck des tausende von Metern darüber stehenden Meerwassers wurde er zu festen Massen und bildete nach dem Ablaufen des Wassers mächtige Kreidefelsen (Ostküste von Rügen).

Der die tieferen Schichten der Muschelkalkformation bildende *Wellenkalk* tritt in dünnen gefältelten Schiefern auf und besteht ebenso wie der im oberen Muschelkalk vorkommende *Schaumkalk* nicht selten aus fast reinem Calciumkarbonat. Der *Kalktuff* (in Italien als Travertin bezeichnet), ein Glied des Alluviums oder des Diluviums, bildet poröse, feste, oft in mächtigen und umfangreichen Lagern auftretende, nicht selten Pflanzen- und Tierreste einschließende und von Eisen- oder Manganbeimengungen mehr oder weniger intensiv gefärbte Massen von hohem, 90 % erreichenden Calciumkarbonat-Gehalt, die auch als Baustein benutzt werden.

Zahlreiche an ihrer Entstehung beteiligte Organismen pflanzlicher und tierischer Natur pflegen die Süßwasserablagerungen von äußerlich der

<sup>1)</sup> In hervorragendem Grade besitzen z. B. diese Fähigkeit die in stehenden Gewässern lebenden Characeen („Armleuchtergewächse“ oder „Wassersterne“), die in ihrer Trockenmasse bis zu 50 % aus Calciumkarbonat bestehen können.

<sup>2)</sup> Während des Aufwachsens der Korallenfelsen entstanden gleichzeitig aus den im Meerwasser sich absetzenden Sedimenten ganz verschiedene Gesteinsarten in gleicher Gegend („Facieswechsel“ nach geologischer Sprechweise).

Kreide ähnelt dem *Wiesenkalk* (in Süddeutschland „Alm“ genannt) zu enthalten. Sie häufen sich vielerwärts auf dem Grunde von Landseen an und bilden nach deren Vertorfen den Untergrund der entstehenden Moore. Nicht selten ist der Wiesenkalk mit größeren Mengen von eingeschwemmtem Ton durchsetzt („Wiesenmergel“); auch kann die Beimengung von pflanzlichen Resten so stark sein, daß er dadurch eine dunkle Färbung erhält („Kalkmoor“, „Moormergel“).

*Zusammensetzung der Kalkgesteine.* Kennzeichnend für die Beteiligung tierischer und pflanzlicher Lebewesen an der Bildung aller dieser Kalke ist auch deren größerer oder geringerer Gehalt an *Phosphorsäure*. Je nach dem Vorkommen in den verschiedenen Gebirgsformationen spricht man von „Urkalk“, „Silur“, „Devonkalk“, von Muschelkalk, Jurakalk, Kreide, Süßwasserkalk usw. Über die prozentische Zusammensetzung verschiedener Kalkgesteine mögen die folgenden Zahlen Auskunft geben:

	Dolomit und dolomitischer Kalk %	Kalkstein aus verschiedenen Formationen %	Kreide (weiße) %	Wiesenkalk und Wiesenmergel des Alluviums %
Calciumkarbonat . .	54—63	83—98	80—99	50—88
Magnesiumkarbonat . .	45—19	4—0,3	2,2—0,1	1,0—Spur
Ton. . . . .	0,1—2,9	0,3—3,5	wenig	1—30
Phosphorsäure ( $P_2O_5$ ) . .	—	0,1—0,8	0,1—0,2	Spur—0,3
Organische Stoffe . .	—	wenig	wenig	bis 9,5

Finden die Kalkausscheidungen aus natürlichen Wässern gleichzeitig mit der Ablagerung von Ton und Sand statt, oder setzt sich das Calciumkarbonat aus Wasser ab, welches tonige und sandige Massen durchströmt, so entstehen innige Gemische von kohlensaurem Calcium, Ton und Sand, die sogenannten

5. *Mergel*<sup>1)</sup>, die man, je nachdem dieser oder jener Bestandteil besonders stark vertreten ist, als *Kalkmergel*, *Tonmergel*, *Lehmmergel* oder *Sandmergel* bezeichnet. Bei den üblichen Benennungen ist die Abgrenzung der verschiedenen Mergelarten meist eine sehr willkürliche. Einen über 60 % Calciumkarbonat enthaltenden Mergel pflegt man als „Kalkmergel“

<sup>1)</sup> Auch die Mergel finden sich in vielen, namentlich aber in den mittleren und jüngeren Gesteinsformationen der Erdrinde (s. § 3). So der „bunte Mergel“ oder „Röt“ im Buntsandstein, der oft steinartig erhärtete, aber allmählich zerfallende „Keupermergel“, der „Mergelschiefer“ des Jura, die „Plünernermergel“ der Kreide, die „Septarienmergel“ der Tertiärformation (das Muttergestein der wertvollen Weinbergsböden von Hattenheim, Eltville, Hochheim), die Geschiebemergel des Diluviums (s. u.) usw.

zu bezeichnen. Bei „Tonmergel“ setzt man einen Tongehalt von mindestens 40 %, bei „Lehmmergeln“ einen solchen von etwa 20—40 % und einen hohen Sandgehalt voraus, während bei den „Sandmergeln“ der Tongehalt sehr zurück- und dafür der Sand in den Vordergrund tritt. Dabei kann bei den letztgenannten Mergeln der Gehalt an Calciumkarbonat auf 10 % und noch tiefer sinken.

**5 a.** Unter den Mergeln nimmt, weniger durch seine chemische Zusammensetzung als durch die besondere Art seiner Entstehung, der *Geschiebemergel*, auch „Diluvial“- oder „Moränenmergel“, eine besondere Stellung ein. Er ist, wie unten (§ 41) näher dargelegt werden wird, die durch Verschwemmungs-, Verwehungs- und Verwitterungsvorgänge mehr oder weniger veränderte, aber noch nicht ihres ursprünglichen Kalkgehaltes beraubte<sup>1)</sup> Grundmoräne des Inlandeises der Diluvialzeit (s. außerdem § 3), gehört also den glazialen Gebilden an. Er besteht aus großen, kleineren und kleinsten Bruchstücken sämtlicher die Oberfläche Schwedens, Norwegens und Finnlands bildenden Gesteine, im Gemenge mit dem beim Vorrücken des Eises vom Küstengebiet der Ostsee mitgeschleppten Steingeröll aus den ältesten und aus den der Diluvialzeit unmittelbar vorhergehenden geologischen Perioden. Im Gegensatz zu den darunter anstehenden höchst einförmigen Bestandteilen des Tertiärs besteht also der Geschiebemergel aus Gebilden von größter Mannigfaltigkeit, nicht nur nach Korngröße, sondern auch nach mineralogischem Charakter. Abweichend von den meisten Ablagerungen aus fließendem Wasser zeigt er keine geschichtete Lagerung.

So verschiedenartig seine Bestandteile (im wesentlichen Feldspat, Quarz, Kalk, Ton) unter sich sind, so weisen doch die Geschiebemergel der verschiedenen Örtlichkeiten, wenigstens in Norddeutschland, allermeist eine auffällige Gleichmäßigkeit in ihrem Gehalt an grandigen, sandigen und tonigen Teilen auf.

An ihrer Zusammensetzung beteiligen sich

die grandigen Teile	die sandigen Teile	die tonigen Teile
mit etwa 1—5	60—70	30—40 %.

Die Hauptmasse bildet hiernach der Sand, der aber immer mit größeren oder geringeren Mengen von Ton durchsetzt ist.

Der Gehalt der Geschiebemergel an *Calciumkarbonat* schwankt gewöhnlich zwischen 6—12 %, kann aber bis auf 3 % heruntergehen und bis auf 20 % ansteigen. Er ist am größten in den weniger verwitterten

<sup>1)</sup> Der durch Auswaschung entkalkte, noch tonhaltige Rückstand des Geschiebemergels wird als *Geschiebelchm*, der an Ton und meist auch an Kalk arme Rest des Geschiebemergels als *Geschiebesand* bezeichnet. Kennzeichnend für alle diese Gesteine ist der größere oder geringere Gehalt an unzersetzten Gesteinsmassen („Geschieben“).

grobgründigen Gemengteilen, am kleinsten im Sand und steigt dann wieder in den tonigen Teilen.

Der Gehalt an *Kieselerde* (Quarz) überwiegt in den sandigen Bildungen um so mehr, je feinkörniger sie sind.

Der *Feldspat* und die — stets in weit geringeren Mengen vorhandenen — sonstigen Silikate herrschen ebenso wie das kohlensaure Calcium in den grobgründigen Teilen vor und sinken in den Sanden, aber nicht unter 2—3 %.

Diese Verhältnisse sind für die Beurteilung der aus dem Geschiebemergel hervorgegangenen Böden von größter Bedeutung (s. u.).

Auf den geologischen Karten des norddeutschen Flachlandes unterscheidet man zwischen *unterem* und *oberem* Geschiebemergel. Der untere Geschiebemergel ist durch beigemengte organische Bestandteile meist dunkelgrau und braun gefärbt, der obere erscheint gewöhnlich gelblich und ist infolge seiner geringeren Mächtigkeit durch stärkere Auswaschung kalkärmer geworden. Unter der abschwemmenden Wirkung des Wassers ist aus dem nicht geschichteten Diluvialmergel bisweilen ein von Geschieben freier, an Kalk weit reicherer und Schichtung aufweisender Ton- oder Kalkmergel hervorgegangen (z. B. Mergel von Westerweihe im Lüneburgischen).

5 b. Dem Diluvium entstammt endlich noch eine hierher gehörende Gesteinsbildung, an deren Entstehung bisweilen wohl die Wirkung fließenden Wassers, zum überwiegenden Teil aber die Gewalt der Winde beteiligt ist, und die man daher den „äolischen“ Bildungen zurechnet. Das ist der *Löß*. Er entstand seinerzeit in regenarmen Perioden<sup>1)</sup> und füllte nicht selten in mächtigen Lagern tiefe Täler und sonstige Bodensenkungen aus. Er besteht aus den feinsten Zerreibungsprodukten der Eiszeitsgesteine und bildet ein gelbliches, abfärbendes mehliges Gemenge von sandigen und tonigen Stoffen, Calciumkarbonat-, Magnesiumkarbonat-, Feldspat- und Glimmerteilchen. Häufig ist die Masse durchsetzt von feinen, von weißem Calciumkarbonat umgebenen Röhrchen, herrührend von Steppengräsern, deren humifizierte Reste sie dunkler färben. Nach dem Absatz der Lößlager hat dann in feuchteren Zeiten ein Auswaschen des Calciumkarbonats stattgefunden, und aus diesem sind die häufig auf der Sohle

<sup>1)</sup> Nach Ablauf der Eiszeit hat wahrscheinlich in Mitteleuropa lange Zeit trockenes Steppenklima geherrscht. Die über die fast pflanzenleeren, mit „erratischem“ Schutt bedeckten Flächen hinwegbrausenden Winde hoben den feinen Gesteinsstaub empor und trugen ihn soweit, bis er im Windschutz vor gelagerter Anhöhen zum Absatz kam. Der Geograph F. v. Richthofen, von dem die Theorie von der Lößbildung durch Windwirkung herröhrt, fand in China Lößansammlungen von 1000 Fuß Mächtigkeit (bei uns übersteigt die Stärke der Lößablagerungen in der Ebene nur selten 5 m).

der Lager sich findenden eigentümlichen Kalkgebilde, die „Lößmännchen“ oder „Lößkindl“ entstanden.

Bei stärkerer Auslaugung des Kalks geht der Löß in *Lößlehm* über und gewinnt damit zu einem geringen Teil die dem eigentlichen Löß gänzlich fehlende Formbarkeit tonreicher Böden.

Die folgende Tabelle gibt die *prozentische Zusammensetzung* einiger Mergelarten und Löße wieder:

	Kalk- mergel %	Ton- mergel (Westfalen Kreis Ahaus) %	Lehm- mergel (Westfalen Kreis Herford) %	Sand- mergel (Westfalen Kreis Borken) %	Unterer Ge- schiebe- mergel <sup>1)</sup> (Mark) %	Löß %
Calciumkarbonat . .	84,1	27,6	25,0	24,2	} 19,1	10—29
Magnesiumkarbonat .	1,1	1,2	1,6	1,2		9—2
Ton . . . . .	—	45,7	23,7	4,8	9,6	} 75—44
Sand . . . . .	0,1	14,2	24,7	66,0	71,1	
Phosphorsäure ( $P_2O_5$ )	0,04	?	?	0,8	?	0,1—0,5

5 e. Als einen Lehmmergel kann man den dem Alluvium angehörigen, noch fortwährend sich bildenden *Seeschlick* oder „*Seeklei*“, das Bildungsmaterial des „*Marschbodens*“ (s. u., „*Verschwemmung*“ sowie „*Kuherde*“ und eines der vortrefflichsten Verbesserungsmittel für Sand- und Moorboden ansehen. Er besteht aus feinstzerriebenen Bestandteilen aller von ihrem Quellgebiet an bis an die Mündung durchströmter Gebirgsarten, die der Fluß, solange er nicht durch das Entgegenstemmen des Meerwassers seiner Tragkraft beraubt ist, als Schwebestoffe<sup>2)</sup> mit sich führt. Aus ihnen bildet sich fortwährend im Gebiet der Ebbe und Flut der von der Nordspitze der Jütischen Halbinsel an der Nordseeküste entlang bis an die Scheldemündung sich hinziehende äußerst fruchtbare Landstreifen den man als „*Marschen*“ bezeichnet. Der im Fahrwasser der Flüsse und in den Häfen sich absetzende Schlick muß durch Bagger beseitigt werden. Zur Bodenverbesserung ist er erst zu verwenden, wenn die im nassen Zustand breiige, allmählich „speckig“ werdende Masse durch längeres

<sup>1)</sup> Im Geschiebe-(Lehm-)mergel findet sich der Kalk zum Teil in Form von dichtem Kalkstein oder Kreide, zu einem sehr großen Teil aber in sehr feiner Verteilung. Diesem Umstand und dem hohen Gehalt des „Sandes“ an feinem kalireichen Gesteinstaub ist vielleicht die besonders günstige Wirkung dieser Mergel als Meliorationsmittel zum Teil zuzuschreiben.

<sup>2)</sup> Auf den Absatz der Schwebestoffe wirkt neben der abnehmenden Tragkraft des Wassers auch dessen Vermischung mit dem salzreichen Meerwasser hin (s. Kolloide, § 84).

Lagern einen großen Teil ihres Wassers verloren hat. Eine eigentümliche Wirkung übt auf die Beschaffenheit des Schlicks der Frost aus. Als bei Versuchen der Moor-Versuchsstation<sup>1)</sup> ein aus Schlick geformter Würfel starker Kälte ausgesetzt wurde, umgab er sich mit einer dicken, aus dem ausgetretenen Wasser entstammenden Eisschicht, durch die hindurch sich zahlreiche Risse und Abblätterungen der vorher zäh zusammenhängenden Masse erkennen ließen. Nach dem Auftauen, wobei von dem vorher vorhandenen Wasser 30 % abflossen, hatte sich der vorher speckige, formbare Schlick in ein lockeres Krümelgemenge umgewandelt, das bei leiser Berührung zu feinem, leicht streubaren Pulver zerfiel. (Eine für die Verwendung des Schlicks als Bodenverbesserungsmittel und für die Kultivierung des aus Seeschlick bestehenden Marschbodens äußerst belangreiche Folge des Frostes!) Nach Untersuchungen der *Moor-Versuchsstation* wurden gefunden in trockenem Seeschlick von der

	Emsmündung	Wesermündung	Elbmündung
	%	%	%
Calciumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) . . . . .	10,45	8,25	7,72
Kali ( $\text{K}_2\text{O}$ ) . . . . .	2,60	1,97	2,22
Magnesia ( $\text{MgO}$ ) . . . . .	2,22	1,61	1,57
Eisenoxyd und Tonerde ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	19,72	?	16,74
Phosphorsäure ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) . . . . .	0,20	0,20	0,13
Kieselerde ( $\text{SiO}_2$ ) . . . . .	54,53	65,18	61,04
Stickstoff . . . . .	0,28	0,32	?

Der nicht unbeträchtliche Stickstoffgehalt ist fast ausschließlich in organischen Verbindungen (Pflanzen- und Tierresten) vorhanden. Außerdem enthält der frisch abgesetzte Schlick Chloride und Sulfate des Meerwassers, Eisenoxydul und Einfachschwefeleisen (FeS). Abgesehen von der größeren oder geringeren Beimengung von Sand (Kieselerde) sind die an der Mündung der drei Flüsse abgesetzten Schlickmassen fast gleich zusammengesetzt. Bei längerem Lagern erleidet der Seeschlick durch chemische Umsetzungen und durch Auswaschung mannigfache Veränderungen. Er wird ärmer an den leicht löslichen Seesalzen und an kohlensauren Verbindungen. Das Einfachschwefeleisen setzt sich zu freiem Schwefel und Eisenoxyd um, und dieses sowie das aus Eisenoxydul hervorgehende Ferrioxyd gibt dem Material eine rötliche Färbung. Ist damit eine erhebliche Abnahme an Calciumkarbonat verbunden, so wird er in manchen Gegenen als „Knick“ bezeichnet. (Weiteres darüber s. unter Seemarschboden.) Über die verhängnisvolle Bildung von Eisenkies im Seeschlick s. u.

<sup>1)</sup> Arbeiten der Moor-Versuchsstation. Fleischer, Die Materialien zur Düngung und Meliorierung des Moorböden, Landwirtschaftl. Jahrbücher 1883 S. 215 ff.

Von zwei weiteren gleichfalls dem Alluvium zugehörigen Mergelarten, dem *Wiesenmergel* und dem *Moormergel*, ist bereits im Anschluß an den Wiesenkalk unter 4. die Rede gewesen. Desgleichen ist der in verschiedenen Formationen vorkommenden Sedimente von Steinsalz und anderen Salzen des Meerwassers schon gelegentlich der Erörterungen über Sulfate und Chloride (§ 23—27) gedacht worden. Weiteres darüber s. u. unter Salzablagerung.

Eine andere, von vielen Geologen gleichfalls den Sedimentärgesteinen zugerechnete Bildung, der Torf, soll erst in einem späteren Kapitel abgehandelt werden.