Die Verwendung der Bauschanalysen klastischer Gesteine zu geologischen Vergleichen unter besonderer Berücksichtigung des Buntsandsteins[1]).

Von Herrn H. Stremme in Danzig-Langfuhr.

Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung in Breslau am 31. Juli 1922.

Die Bauschanalysen klastischer Gesteine, deren die geologische Literatur eine große Zahl birgt, werden hauptsächlich zur Feststellung des Mineralgehalts oder der Nutzbarkeit, selten zu geologischen Vergleichen verwendet, d. h. zur Feststellung der besonderen Umstände der Ablagerung. Ansätze hierzu finden sich bereits in G. Bischofs Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie[2]). Trotzdem später erst bedeutendes Material an Sedimenten analysiert und gelegentlich auch ein Vergleich zwischen heutigen und fossilen an Hand der Analysen ausgeführt wurde, sind solche für paläogeographische Untersuchungen noch nicht grundsätzlich bearbeitet worden, wie u. a. auch die Durchsicht etwa der einschlägigen Werke J. Walthers und K. Andrées einerseits, E. Dacqués und Th. Arldts andererseits zeigt. J. Roths chemische Geologie und F. W. Clarkes Data of Geochemistry gehen auf diese den Geologen besonders berührenden Fragen nicht ein.

Bereits G. Bischof hatte die Zahlen der empirischen Analysen nur nach Umrechnung unter Fortfall derer des Wassers, der organischen Substanz, der Karbonate und Salze miteinander verglichen. Wir wollen hier nur den Teil der klastischen Gesteine herausgreifen, welcher mit der Tonerde in direkter Verbindung steht oder stehen kann, weil wir dann eine feste Grundlage für Vergleiche erhalten. Mit der Tonerde stehen in Verbindung hauptsächlich die übrigen Bestandteile der Tone, der Glimmer und der Feldspate, nämlich die Alkalien, die Erdalkalien, die Kiesel-

---

[1]) Der Vortrag erscheint ungekürzt unter Beifügung der auf der Hauptversammlung gezeigten Tabellen in den „Abhandl. d. naturf. Ges. zu Danzig", 1923.

[2]) Bd. III, Bonn, 1866.

säure und das Wasser. Die genannten Mineralgruppen machen neben Quarz und Karbonaten den weit überwiegenden Hauptteil der klastischen Gesteine aus. Während aber der Anteil des Quarzes durch die Beziehung der Tonerde zur Kieselsäure auszudrücken ist, stehen die Karbonate ganz für sich und sollen vorläufig aus der Erörterung ausscheiden. Bei den Feldspatresttonen, den Glimmern und den Feldspaten schwankt das Molekularverhältnis von Tonerde und Kieselsäure zwischen $1\,Al_2O_3 : 2\,SiO_2$ bis $1\,Al_2O_3 : 6\,SiO_2$. Dazu kommen 0—1 Molekel (Alkalien + Erdalkalien) und 2—0 Molekel H_2O. Bei den Geolyten (Allophantonen) sind die Zahlen der Molekularverhältnisse 0 bis > 1 (Alkalien + Erdalkalien): $1\,Al_2O_3 : 0{,}4—8$ (— 14) $SiO_2 : 4—19\,H_2O$. Hier schwanken die Zahlen also in weiteren Grenzen als bei der Gruppe der Feldspatreste und Feldspate[3]). Wenn wir bei den gewöhnlichen Analysen der Trümmergesteine die Zahlen der Alkalien, Erdalkalien, der Kieselsäure und des Wassers (unter Berücksichtigung etwaiger in Salzen, Eisenoxyd usw. gebundener Teile) auf 1 Molekel Al_2O_3 berechnen, so haben wir eine einfache mineralchemische Grundlage, welche gestattet, gewisse Anteile an Mineralien in den Gesteinen festzustellen. Als Beispiel diene die nachstehende Analyse roter Buntsandsteinletten vom östlichen Abhang des Karlsberges bei Neudeck in Oberschlesien, welche H. Eck in seiner Dissertation mitgeteilt hat:

	Gewichtsprozente	Molekularverhältnis
SiO_2	54,872	6,30
Al_2O_3	14,763	1
Fe_2O_3	14,793	—
CaO	0,980	0,12
MgO	0,393	0,07
K_2O	2,627	0,19
Na_2O	0,480	0,05
H_2O	9,116	3,12
FeS_2	2,250	—
	99,274	

Die Molekularzahlen der Alkalien und Erdalkalien ergeben zusammen 0,44. Nimmt man daraufhin an, daß die Letten hauptsächlich aus Feldspatresten beständen, so würden in dem Tonmineral (einem dichten Glimmer) etwas mehr als 4 SiO_2 an 1 Al_2O_3 gebunden sein. Dazu käme

[3]) Vgl. H. Stremme: Wasserhaltige Aluminiumsilikate in C. Dölters Handb. d. Mineralchemie, II, S. 30—94, 1914.

etwas weniger als 1 H_2O. Es kann demnach etwas weniger als $1/3$ der SiO_2 Quarz sein, während die übrigen $2/3$ sich auf Feldspate und Feldspatreste (bis zum Kaolin) verteilen können. Die Molekularzahl für Wasser würde bei geringer Menge an Fe_2O_3 für die Anwesenheit von ziemlich viel geolytischem Material in den Letten sprechen. Die fast 15% Fe_2O_3 könnten aber bis zu 5% H_2O enthalten. Dadurch würde die Molekularzahl für H_2O sich der 1 nähern. Für eine weitergehende mineralchemische Diagnose müßten chemische Spezialuntersuchungen einsetzen, wie Unterscheidung von Fe_2O_3 und FeO, Versuch den Wassergehalt des Fe_2O_3 zu bestimmen, Auflösen der Letten mit Salzsäure, Schwefelsäure, Flußsäure usw.[3a]). Aber immerhin gibt die obige Berechnungsweise der Analyse bereits einige Anhaltspunkte für die mineralische Zusammensetzung.

Die Berechnung ist so auszuführen, daß die einzelnen gewichtsprozentischen Zahlen der Analyse durch die betreffenden Molekulargewichte dividiert und die so gewonnenen Molekularquotienten auf den Nenner $Al_2O_3 = 1$ gebracht werden. Nach der Gleichung (g = Gewichtsprozente, m = Molekulargewicht)

$$\frac{g\ SiO_2}{m\ SiO_2} : \frac{g\ Al_2O_3}{m\ Al_2O_3} = g\ SiO_2 \cdot \frac{m\ Al_2O_3}{m\ SiO_2} : g\ Al_2O_3$$

läßt sich die Methode sehr vereinfachen und beschleunigen, zumal wenn man kleine Logarithmentafeln oder Rechenmaschinen zu Hilfe nimmt.

Insgesamt wurden für den Vortrag 268 Analysen von Trümmergesteinen auf die vorstehende Weise berechnet und miteinander verglichen. Sämtliche Analysen wurden der Literatur entnommen. Die Zahl der Analysen mußte groß sein, damit zufällige Besonderheiten einzelner Gesteine durch Vergleich ausgeschaltet werden konnten. Um zahlreiche Werte miteinander vergleichen zu können, benutzt man in der Petrographie gern graphische Darstellungen. Solche werden sich später auch für geologische Vergleiche verwenden lassen, doch konnte damit nicht angefangen werden, da erst die Grundsätze des Vergleichs zu kennzeichnen waren.

[3a]) Vorbildlich ist hier E. A. Wulfings Untersuchung württembergischer Kennermergel. Jahresh. vaterl. Naturkunde Württemb. 1900, 56, S. 1—46.

Die 268 Trümmergesteine wurden zunächst in tonig und sandig gesondert. Die weitere Unterscheidung erfolgte nicht nach petrographisch-mineralogischen Gesichtspunkten, sondern nach geologischen und geographischen. Die heutigen wurden von den fossilen Gesteinen geschieden, jene weiter nach Ablagerungsbereichen: Meer, Salzwasserbinnensee, Fluß, Boden bei Tonen; Fluß, Strandwall, Küstendüne, Binnendüne, Wüste bei Sanden. Aber auch diese wurden noch weiter eingeteilt z. B. unter den Flußtonen die im Wasser suspendierten Trüben und die am Boden abgelagerten Schlicke unterschieden, ferner die des Nils und für einige Zahlen insgesamt die subtropischen und tropischen abgetrennt, auch die im Brackwasser der Mündungsgebiete der Elbe und Weichsel niedergeschlagenen Schlicke. Unter den Böden wurden nur solche Tonböden herangezogen, welche durch die Verwitterung der Kalksteine entstanden sind, darunter dann besonders die meist fossile *Terra rossa* der Karstgebiete. Bei den Flußsanden wurden einige Unterschiede zwischen deutschen und schwedischen (des verschiedenen Klimas wegen) gemacht.

An fossilen Gesteinen wurden außer denen des Buntsandsteins ein Ton, Tonsteine und ein Sandstein des Rotliegenden, Salztone des Zechsteins (auch des elsässischen Oligocäns), ferner jungdiluviale Talsande, Löß und tertiäre Braunkohlensande zum Vergleich benutzt. In einem Falle wurden weder geologische noch geographische, sondern chemische Teilungsgründe befolgt. Unter den rezenten Analysen der Meerestone waren 13, welche vor der eigentlichen Untersuchung einheitlich mit Wasser zum Auslaugen der Seesalze und mit Essigsäure zum Auslaugen der Karbonate behandelt waren. Die beiden Lösungsmittel hatten auch die Tonsubstanzen angegriffen. Im ganzen entsprach die Zersetzung etwa einer starken Verwitterung.

In diesen zahlreichen Gruppen mußten stets die 6 Bestandteile (K_2O, Na_2O, CaO, MgO, SiO_2, H_2O) einzeln angegeben werden, ferner waren die Angaben über Sulfate, Chloride, P_2O_5, CO_2, TiO_2, Fe[3b]), FeS_2, Mn[3b]), BaO, organische Substanz usw. zu beachten.

So viele Gruppen und Teile machen die graphische Darstellung unübersichtlich und damit wertlos. Dagegen wurde eine Zusammenfassung des großen Analysenmaterials benutzt, welche auf den ersten Blick etwas Ungeologisches

---

[3b]) Statt der verschiedenen; meist aber nicht getrennten Oxyde.

zu haben scheint. In den einzelnen Gruppen wurden Durchschnittszahlen aus den mehr oder weniger zahlreichen Analysen berechnet und miteinander verglichen. Solche Durchschnittszahlen erinnern etwas an die Mischungen, welche Chemiker (besonders die amerikanischen) vor der Analyse mit Gesteinen vornehmen, um eine Durchschnittszusammensetzung zu erhalten. So hat F. W. Clarke, um die Durchschnittszusammensetzung der roten Tiefseetone festzustellen, deren 51 miteinander gemischt und dann analysiert. Bekanntlich hat der Chemiker im allgemeinen keine klare Vorstellung vom Werte des Fundortes und der großen individuellen Verschiedenheit innerhalb der Gesteinsarten. Mit Recht hat J. Walther[4]) bereits 1891 eine ähnliche Mischanalyse von Saharasanden zurückgewiesen. Aber hier werden aus den Einzelanalysen Durchschnittszahlen berechnet, um die allgemeinen Eigenheiten der einzelnen Gruppen vor den individuellen der einzelnen Gesteine hervortreten zu lassen. Wenn infolge zu vieler Gruppen und Teile graphische Darstellungsweisen unanwendbar sind, so bleibt nur die Berechnung der Durchschnittszahlen zum Auffinden und Erläutern der allgemeinen Typencharaktere. Zum direkten Bestimmen unbekannter Gesteine darf man allerdings solche Durchschnittszahlen nicht verwenden, dafür schwanken die Zahlen der Einzelanalysen meist zu stark, sondern nur zum vorsichtigen Vergleichen, welches auf breiter Grundlage ausgeführt werden muß. Stets sind daneben die Analysen der einzelnen Gesteinsindividuen im Auge zu behalten. Wenn dies geschieht und die Zahl der zu vergleichenden Analysen recht groß ist, so lassen sich mit Hilfe der oben beschriebenen Berechnungsweise gut kennzeichnende Merkmale der verschiedenen Medien feststellen.

1. Die Tone[5]).

Unter den Tonen war am wichtigsten ein Vergleich zwischen Meeresschlammarten (16 Analysen von Flach- und Tiefseetonen) und Flußschlicken (30 Analysen, ferner 8 von Nilschlicken). Die Analysen waren nicht immer

---

[4]) J. Walther: Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Abh. math. phys. Kl. Kgl. sächs. Akd. Wiss., XVI, 3, 1891. S. 491—92.

[5]) Infolge der durch die knappen Geldmittel notwendigen Raumbeschränkung können hier nur spärliche Zahlenangaben gegeben werden.

vollständig. Öfter waren die Alkalien nicht bestimmt, vielfach bei den Erdalkalien nicht festgestellt, welche Teile etwaiger Kohlensäure an CaO und an MgO gebunden waren. TiO_2, in der Regel bei der Tonerde mitgewogen, ist bei den älteren Analysen noch häufiger als bei den heutigen übersehen, doch ist dieser nach den festgestellten Mengen geringe Fehler bei beiden Gruppen gemacht, so daß er bei einem Vergleich ausfällt. Die 6 berechneten Bestandteile ergaben:

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	SiO_2	H_2O
Meer . . .	0,17	0,33	0,23	0,56	7,04	2,51
Fluß . . .	0,24	0,16	0,15	0,24	9,33	3,28

Die größten Unterschiede liegen hier bei dem Natron und der Magnesia, bei dieser noch auffallender als bei jenem. Während die 4 anderen Werte ein geringfügiges Schwanken aufweisen, sind die Zahlen für Na_2O und MgO bei den Meerestonen zweimal und zweiundeindrittelmal so groß als bei den Flußtonen. Diese beiden Bestandteile sind es, welche durch die oben skizzierte Auslaugung der 13 Meerestone mit Wasser und Essigsäure (vor Kieselsäure) am stärksten aus der Zusammensetzung verschwanden. Na_2O und MgO sind nicht etwa nur in Form der Chloride und Sulfate in den Meerestonen enthalten, sondern auch in den Tonerdesilikaten, wenn auch nicht gebunden wie K_2O, das wenig durch die Essigsäure angegriffen wurde, sondern adsorbiert. Die starke Aufnahme des Na_2O und besonders des MgO ist ganz allgemein bei meerwasserähnlichen Salzlösungen zu beobachten. Unter den Nilschlicken haben solche, welche Salzausblühungen zeigen, auch mehr MgO adsorbiert als die sonstigen Flußtone. Von E. Kalkowsky analysierter Schlamm aus einer Kalahorisalzpfanne hat ganz besonders viel MgO, auch viel Na_2O adsorbiert, die Salztone des Zechsteins[6]) sind auch sehr reich an MgO, doch zeigen sie durchschnittlich wenig Na_2O. Die Flußschlickarten der Elbe unterhalb Hamburg im Brackwasser abgelagert sind ebenfalls durch ziemlich viel MgO und Na_2O ausgezeichnet, desgleichen ein Ton des Weichseldeltas. Im Gegensatz dazu sind die Flußtrüben besonders arm an MgO (1/4 der Zahl für

[6]) Die Analysen der Salztone des elsässischen Oligocäns, von R. Görgey herrührend, unterscheiden nicht zwischen den einzelnen Karbonaten auf Grund von Versuchen und können daher nicht zum Vergleich dienen.

die Meertone), doch enthalten sie mehr Na_2O als die Flußschlicke. Die auf Kalksteinen gebildeten Tone, besonders die *Terra rossa* sind an beiden arm bis sehr arm. Danach kann als ein besonderes Kennzeichen der Salzwassertone angesehen werden, daß sie viel MgO aus dem Salzwasser adsorbieren, auch wohl (zum Teil je nach der Massenwirkung?) Na_2O.

Das K_2O ist dagegen nicht auf diese Weise zu erklären. Unter den Flußtonen sind die tropischen und subtropischen durch einen besonders niedrigen Gehalt an K_2O ausgezeichnet und zwar haben fast alle tropischen und subtropischen weniger als fast alle des gemäßigten Klimas. Danach läßt sich an den Zahlen für das Kali die Auslaugung durch das Klima schätzen.

An CaO haben mehr als die Meerestone die des Nil und des Toten Meeres, also ausgesprochener Trockengebiete mit Salzwasser oder Salzwasserzuflüssen. Dagegen hat bei der allerdings partiellen Analyse des Kalaharisalzschlammes E. Kalkowsky kein CaO angenommen (es sei vorher als $CaCO_3$ abgeschlämmt worden). Die sonstigen Flußtrüben und -schlicke und die aus den Kalksteinen ausgewitterten Tonböden haben weit weniger CaO als die Meerestone. Höherer Kalkgehalt kann danach sowohl bei Tonen im Meerwasser als auch im Flußwasser trockener Gebiete auftreten, also auch vom Salzwasser niedergeschlagen sein wie weit stärker das MgO und das Na_2O. Die Salztone des Zechsteins haben dagegen weniger CaO als die Meerestone. Das CaO begleitet im geringen Grade das MgO.

Die Kieselsäure ist bei den Flußtrüben niedriger als bei den Meerestonen, bei welchen einige des nördlichen Atlantischen Ozeans recht reich an SiO_2 sind. Mehr als die Flußschlicke im allgemeinen haben durchschnittlich die z. T. schon sandigen Flußschlicke der Unterelbe. Im allgemeinen wird wohl zutreffen, daß die gewöhnlichen Flußschlicke sandiger sind als die meist aus den feinen Flußtrüben abgesetzten Meerestone.

Die höhere Zahl für das H_2O der Flußschlicke erklärt sich z. T. wohl aus deren vielfach beträchtlichem Gehalt an organischer Substanz, deren Bestimmung als „Humus“ ziemlich ungenau ist. Die Flußtrüben haben weniger H_2O als die Meerestone, die Nilschlicke etwa das gleiche, die Flußschlicke der Unterelbe und des Weichseldeltas und

die Böden wieder mehr. Dieses Verhalten der Wasserzahlen wird am ehesten durch die in vielen Fällen angegebenen Werte für die organische Substanz erklärt.

Vergleichen wir nun mit den rezenten Tonen die des Buntsandsteins, so mögen hier die folgenden drei Durchschnittswerte für solche des Unteren, des Mittleren und des Oberen Buntsandsteins von deutschen Fundorten angegeben werden:

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	SiO_2	H_2O	Zahl der Analysen
Unterer Buntsandstein	0,27	0,16	0,17	0,36	5,64	2,13	7
Mittlerer „	0,23	0,19	0,15	0,15	9,62	2,83	3
Oberer „	0,25	0,15	0,07	0,47	5,12	1,77	11

Am stärksten fallen die Unterschiede bei MgO ins Auge. Die drei Tone des Mittleren Buntsandsteins haben erheblich weniger daran als die des Unteren und des Oberen. Sie sprechen für Salzwasser bei diesen und vielleicht für Süßwasser bei jenen. Für Na_2O und CaO sind die entsprechenden Unterschiede nicht festzustellen. Die hohe Zahl für K_2O entspricht keiner erheblichen Auslaugung etwa in feuchten Tropen oder Subtropen, sondern höchstens einer des gemäßigten (oder vielleicht eines trockenen?) Klimas. Die sandreicheren Tone des Mittleren Buntsandsteins mit der durchschnittlich höheren SiO_2-Zahl könnten eher im bewegteren (Fluß-) Wasser als im weniger bewegten (Becken) niedergeschlagen sein.

Außerdem sind noch fünf Analysen von Rötletten Oberschlesiens (P. Assmanns Neudecker Schichten, zum Teil so_1, zum Teil so_1 [ro?]) vorhanden. Sie zeigen keinen Salzwassercharakter, sondern sind Tonböden auf Karbonatgestein oder Flußschlicke mit geringerer Auslaugung als bei der *Terra rossa* des Karstes, mehr entsprechend den heutigen deutschen Tonböden auf Karbonatgestein. Sie sprechen gegen trockenes Klima, in welchem Auslaugung von Karbonatgesteinen zu Tonböden nicht vorkommt.

Drei alpine Salzgebirgsmergel von Berchtesgaden und Aussee sind ausgesprochene Salzwassertone, wenn auch mehr von der Art der gewöhnlichen Meerestone als der Salztone des Zechsteins.

Auch bei den oberschlesischen Rötletten (bei den drei Tonböden fehlt allerdings die Alkalibestimmung) und den alpinen Salzgebirgsmergeln stimmt die Zahl für K_2O mit

den obigen überein, während z. B. die Salztone des Zechsteins niedrigere Zahlen (0,17, 0,19) haben.

Nach Ansicht vieler Geologen stammt das Material des Buntsandsteins aus dem Rotliegenden. Der Vergleich mit den vorhandenen sechs Analysen von Rotliegendtonen (einer des Mittelrotliegenden von Schiltach, fünf von unter- und oberrotliegenden Tonsteinen der nordöstlichen Rheinpfalz) zeigt nicht unerhebliche Unterschiede:

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	SiO_2	H_2O	Zahl der Analysen
Mergeliger Ton von Schiltach . . .	0,21	0,05	0,007	0,02	4,7	0,5	1
Tonsteine der Rheinpfalz	0,12	0,05	0,05	0,1	6,6	0,9	5

Unter sich stimmen die Rotliegendtone recht gut überein. An Erdalkalien und Na_2O sind sie wesentlich ärmer als die Buntsandsteintone, so daß im Vergleich mit ihnen selbst die des Mittelbuntsandsteins Salzwassercharakter zu haben scheinen. K_2O ist besonders bei den Tonsteinen nicht unbeträchtlich weniger vorhanden, man hat den Eindruck einer stärkeren, feuchten Verwitterung des Rotliegenden. Die Kieselsäurezahl zeigt geringeren Sandgehalt als bei denen des Mittelbuntsandsteines. Der geringe Wassergehalt dürfte auf die stärkere Verhärtung der Tone zurückzuführen sein. Die oberschlesischen Letten (so_1 P. Assmanns) stimmen besser zu den übrigen Buntsandsteintonen als zu den rotliegenden. Nach den Analysen würde man die Buntsandsteintone nicht von den rotliegenden herleiten.

2. Die Sande.

Bei den Sanden geben die auf die beschriebene Weise berechneten Zahlen einen quantitativen Ausdruck für die Aufbereitung wieder. Der Quarz ist vermöge seiner großen chemischen Widerstandsfähigkeit und der fehlenden Spaltbarkeit von den hauptsächlichsten Bestandteilen der Sande der dauerhafteste. Die Feldspäte verwittern und werden bei dem Transport mechanisch zerspalten. Die Tonmineralien werden durch stärkere Säuren zersetzt und bei dem Transport abgeschlämmt oder ausgeblasen. Ähnlich Glimmerarten. Kalzit, Dolomit, Eisenoxyd sind chemischen und mechanischen Einflüssen unterlegen. Wenn chemische Agentien und mechanische Kräfte besonders des Transportes auf Sande wirken, so wird Quarz angereichert und die vorstehend genannten anderen Mineralien, welche neben Quarz

einen Hauptanteil an den Sanden ausmachen, zerstört oder entfernt. (Auf gelegentlich in größerer Menge in Sanden auftretende Mineralien wie Magneteisen, Granatarten, Topas, Zirkon usw. soll nicht weiter eingegangen werden.) Die Vergrößerung des Quarzgehaltes drückt sich bei der Berechnung in der erhöhten Kieselsäurezahl aus. So zeigen:

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	SiO_2	Schwanken des SiO_2	H_2O	Zahl der Analysen
lußsande	0,25	0,28	0,29	0,33	15,97	4,45— 46,91	1,07	13
trandwallsand . .	0,44	0,42	0,20	1,01	78,28	—	0,84	1
Vüstensande . . .	0,44		0,18	0,02	146,37	38,04— 233,08	—	5
ert. Braunkohlen-sande	0,67	0,40	0,40	0,16	249,70	29,35—1907,63	(7,76)	11

Die Kieselsäure der Flußsande (es handelt sich um acht deutsche und fünf schwedische) schwankt innerhalb weiter Grenzen. Nimmt man noch drei nordostdeutsche, jungdiluviale Talsande hinzu, so steigt sie auf 56,4. Aber bei diesen 16 reicht keiner an den erheblich höheren Strandwall der Ostsee heran, bei welchem die Brandung eine stärkere Sonderung vorgenommen hat als bei den verschiedenen Flüssen. Die Sonderung kann bei Wüstensanden noch erheblich höher gehen, da der Wind ein stärkeres Saigerungselement als das bewegte Wasser ist. Chemische Einflüsse, wie sie bei Braunkohlenwässern (in solchen und in Moorwässern ist außer freier Kohlensäure nicht selten auch freie Schwefelsäure nachgewiesen) vorliegen, können jedoch ein noch weit stärkeres Aufbereiten und Isolieren des Quarzes hervorrufen als der Wind. Diese Folgerung aus den Analysen entspricht dem Beobachtbaren. Die Berechnungsart ermöglicht einen quantitativen Ausdruck für die Aufbereitung.

Bei fünf Küstendünen der Nord- und Ostsee schwanken die Kieselsäurezahlen zwischen 66,94 und 109,29, Durchschnitt 87,77. Bei 12 Dünensanden auf diluvialen und rezenten Talsanden Deutschlands haben wir ein Schwanken zwischen 21,96 und 183,56, Durchschnitt 72,87. Auch da ist die starke Aufbereitung durch den Wind erkennbar. Ob nicht auch die Meeresbrandung schwächer oder stärker aufbereiten kann, als die eine Zahl des Ostseesandes angibt, muß dahingestellt bleiben. Die Küstendünensande sind durch den Wind aufbereitete Strandwallsande, haben sich also unter zwei Transportkräften verändert. Taldünen Deutschlands und Wüstensande zeigen neben hohen

Kieselsäurezahlen auch recht niedrige. Daraus folgt, daß bei Vergleichen niedrige Zahlen geringere Beweiskraft haben werden als höhere.

Von den anderen Bestandteilen fällt am meisten das Verhalten der Magnesia auf, welche bei dem einen Strandwallsand in einer Menge vorhanden ist, welche der von Salzwassertonen gleichsteht. Man wird von dieser einen Zahl nicht auf das gleiche Verhalten aller Meeressande schließen dürfen. Unter den 13 Flußsanden haben sechs zwischen 0,15 und 0,25 MgO (Durchschnitt 0,22), dreimal ist ferner eine Summe für CaO und MgO zwischen 0,18 und 0,27 berechenbar; ein Odersand von Schwedt hat 0,99 MgO, doch ist nicht mit Sicherheit festzustellen, ob nicht umgelagerter oligocäner Grünsand vorliegt, wie er in der Nähe reichlich ansteht. Ein mariner mitteloligocäner Glaukonitsand hat 0,85[7]). Möglich ist danach, daß Meeressande ebenfalls die Absorption der Magnesia zeigen und an dieser die Wirkung des Salzwassers erkennbar ist. Die Sande der Küstendünen haben durchschnittlich 0,25. Man kann bei diesen umgelagerten und ausgewaschenen Seesanden keine hohe Zahl für MgO erwarten. Der Strandwallsand hat auch verhältnismäßig viel Na_2O, nur die Binnendünen haben mehr.

Die Alkalien zeigen bei den Flußsanden im Durchschnitt 0,53, darunter acht deutsche 0,47, jedoch fünf schwedische 0,64. Drei jungdiluviale Talsande Nordostdeutschlands sogar 0,83. Es liegt nahe, anzunehmen, daß wenigstens bei Sanden dieser Gruppe die atmosphärische Verwitterung die Zahl für die Alkalien beeinflußt. Die hohe Zahl für die Alkalien der Braunkohlensande ist so zu erklären, daß die mit sehr hoher Kieselsäurezahl geringfügige Menge an anderen Stoffen, z. B. Tonerde und den Alkalien enthalten. Das Verhältnis dieser zueinander ist daher höchst unsicher. Bei Braunkohlensanden mit wenig Kieselsäure, z. B. einem pliocänen Sandstein von Gimnick (Rheinland) mit 29,35 und einem miocänen Sand vom Elbsteilufer bei Besenhorst mit 34,49, ist die Zahl für die Alkalien 0,22 bzw. 0,38 also besonders niedrig, wie man es bei ausgelaugten Sanden erwarten muß. Die deutschen Binnendünen haben mit 0,98 und vier Ostseedünen mit

---

[7]) Die hohen Zahlen für MgO sind sämtlich bei Analysen eines bestimmten Chemikers festzustellen, welcher häufig auffallend viel MgO angibt. Die Analysen sollten nachgeprüft werden.

0,84 hohe Zahlen für die Alkalien, welche die Abwesenheit von Tonen und die Anwesenheit von Feldspat beweisen, Erscheinungen, die auch mit bloßem Auge bei den Dünensanden zu erkennen sind. Die Wüstensande haben Alkalien zwischen einer Spur und 0,68 (als K_2O berechnet). Die Analysen sind nicht besonders gut. Nach J. Walther[8]) kann man in den Wüsten zerfallene Eruptivgesteine ohne Auslaugung der Alkalien und zerfallene Verwitterungsprodukte früherer Zeiten mit hoher Auslaugung erwarten. — Das Verhalten des CaO ist unklar, das des Wassers durch nicht getrennte organische Substanz oder deren unzulängliche Bestimmung nicht zu verwerten.

Demnach lassen sich aus den Zahlen der Kieselsäure, der Alkalien und vielleicht auch der Magnesia Vorstellungen über die Aufbereitung, die atmosphärische Verwitterung und vielleicht Salzwasserwirkung gewinnen.

Vergleichen wir nun die Zahlen für die Sandsteine der Buntsandsteinformation.

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	SiO_2	Schwanken der Kieselsäure	H_2O	Zahl der Analysen
Unterer Buntsandstein (Deutschland) . . .	0,33	0,18	0,21	0,28	14,66	13,80—19,44	1,32	10
Unterer Buntsandstein (England)	0,35	0,35	0,52	0,70	38,29	—	0,66	1
Mittlerer Buntsandstein	0,37	0,11	0,05	0,08	38,70	22,73—87,07	1,10	9
Oberer Buntsandstein .	0,44	0,21	0,11	0,18	21,84	8,72—40,64	1,16	8

Was zunächst die Kieselsäure anlangt, so sehen wir bei den deutschen Sandsteinen des Unteren Buntsandsteins (einer von Heidelberg, zwei von Würzburg, sieben von Niederhessen) auffallend geringes Schwanken, wie es bis jetzt noch für keine Abteilung der heutigen Sande festgestellt ist. Bei 28 Analysen deutscher Lößvorkommen ist ein Schwanken von 8,14 bis 18,30 um 12,24 herum zu berechnen. Der Löß ist ein gleichmäßig gemischtes und sedimentiertes, staubförmiges Windsediment und an sich natürlich mit den Sandsteinen nicht zu vergleichen. Aber denen des Unteren Bundsandsteins dürften eine ähnlich gleichmäßige Sedimentation und ähnlich gleichmäßige Mengen an Quarz, Feldspat und Ton wie dem Löß zuzuschreiben sein. Sie dürften in einem Becken gleichmäßig abgelagert sein. Der eine eng-

[8]) J. Walther: Das Gesetz der Wüstenbildung, II. Aufl., 1912, S. 255.

lische Sandstein ist die einzige Probe aus einem Bohrkern. Sie zeigt eine stärkere Aufbereitung. Besonders bemerkenswert sind die hohen Zahlen für MgO, CaO, Na_2O bei dem englischen Sandstein, welche an Salzwasserwirkung denken lassen. Im Vergleich zu denen des deutschen Mittleren Buntsandsteins könnten die höheren Zahlen des deutschen Unteren ebenfalls in der gleichen Richtung gedeutet werden, doch sind sie sämtlich weit niedriger als bei dem englischen. MgO schwankt zwischen 0,17 und 0,39, CaO zwischen 0,02 und 0,47. Wenig MgO trifft in ziemlicher Regelmäßigkeit mit wenig CaO zusammen. Na_2O schwankt zwischen 0,04 und 0,29, doch nicht regelmäßig mit den beiden anderen. Da die deutschen Sandsteinproben nicht aus Bohrlöchern herrühren, so könnte bei ihnen Auswaschung die niedrigeren Zahlen für die Erdalkalien und das Natron verursacht haben. Das K_2O schwankt zwischen 0,21 und 0,57, durchschnittlich 0,33 und steht der Zahl für die Tone (0,27) recht nahe, zeigt eine mäßige Verwitterung des Ursprungsmaterials. K_2O und Na_2O zusammen 0,51. Die Verwitterung ist also der bei heutigen deutschen Flußsanden herrschenden nicht unähnlich.

Gegenüber der auffallenden Regelmäßigkeit des deutschen Unteren Buntsandsteins sind die Sande des Mittleren recht unregelmäßig. Es sind zwei linksrheinische (Kaiserslautern, Wittlich), vier Schwarzwälder, drei Odenwälder (Heidelberg, zwei König). Die höchste SiO_2 Zahl hat ein Kugelsandstein von König mit 87,07. Der Kugelsandstein wird in den Erläuterungen zu Blatt König (Wörth) der Hessischen Geologischen Landesanstalt als sekundär verkieselt beschrieben, ist also chemisch aufbereitet. Ebenfalls eine geringe chemische Aufbereitung kommt zwei Pseudomorphosensandsteinen von Blatt König und Blatt Heidelberg mit 22,73 bzw. 33,23 SiO_2 zu. Die beiden linksrheinischen und die vier Schwarzwälder Sandsteine und Konglomerate mit 37,65 (Kaiserslautern), 28,83 (Wittlich), 27,32 und 23,35 (zwei Ecksche Konglomerate von Blatt Obertal-Kniebis), 54,83 und 31,20 (zwei Hauptbuntsandsteine von Blatt Obertal-Kniebis) können aber nicht als chemisch aufbereitet angesehen werden. Hier dürfte nur die mechanische Aufbereitung in Frage kommen. Doch ist sie nicht beträchtlich. Besonders hohe Aufbereitung, wie sie bei den Wüstensanden und überhaupt bei den Windsedimenten vorhanden sein

kann, fehlt. Salzwassercharakter fehlt ebenfalls, die Erdalkalien haben ziemlich gleichmäßig niedrige Zahlen. K_2O schwankt zwischen 0,14 bei dem Kugelsandstein und 0,66 bei dem Heidelberger Pseudomorphosensandstein, die Alkalien zusammen zwischen 0,19 und 0,83. Der Durchschnitt ist mit 0,37 bzw. 0,48 der Durchschnittszahl des Unteren (0,33 bzw. 0,51) recht nahe. Auch hier ist also die Verwitterung der bei heutigen deutschen Flußsanden herrschenden nicht unähnlich, während die deutschen Binnen- und Küstendünen höhere und gleichmäßigere Zahlen für die Alkalien haben. Am ehesten paßt die Aufbereitung auf die von salzfreien Flußsanden, wobei allerdings die niedrigen Zahlen unter 20 fehlen. Das Material der süddeutschen Sandsteine und Konglomerate wird von den süddeutschen Geologen (A. Leppla, A. Sauer, M. Bräuhäuser, W. Schmidt, K. Rau u. a., ferner auch E. Philippi, J. F. Pompeckj) aus dem Rotliegenden hergeleitet. Analysen von süddeutschen Rotliegendsandsteinen und -konglomeraten fehlen mir. Ein Sandstein aus dem Unteren Rotliegenden von Alvensleben hat eine Kieselsäurezahl von 12 (ferner 0,27 K_2O; 0,22 Na_2O; 0,05 CaO; 0,15 MgO; 1,27 H_2O). Wahrscheinlich werden die süddeutschen auch nicht allzuhohe Zahlen haben. Die der Mittleren Buntsandsteine könnten nach der SiO_2-Zahl aus solchen durch Aufbereitung im Süßwasser hergeleitet werden, doch ist das K_2O niedriger, wenn auch innerhalb der Schwankungsgrenzen. Die eine Analyse eines nach F. Klockmann aus Eruptivgesteinen herzuleitenden Sandsteins will nicht viel besagen.

Auch die Sandsteine des Oberen Buntsandsteins sind nicht so gleichmäßig wie die des Unteren. Es handelt sich um zwei württembergische Plattensandsteine, einen nicht näher bestimmten badischen, einen Chirotheriensandstein von Kissingen, zwei Sandsteine von Würzburg, einen Feinsand aus Jenaer Dolomit und einen „kalkhaltigen Rötsandstein", der auch nicht mehr Sand enthält als der Jenaer Dolomit, von Oberschlesien. Sie rühren von sechs verschiedenen Analytikern her, die zum Teil wenig Vertrauen erwecken. Die beiden Plattensandsteine haben SiO_2-Zahlen von 10,54 und 40,64, stehen also fast auf den entgegengesetzten Enden. Der Analytiker der hohen Zahl ist E. Wolff-Hohenheim. Der Plattensandstein wird von den württembergischen Geologen als besonders gleichmäßig beschrieben. M. Schmidt vergleicht ihn sogar mit dem Löß, was allerdings die

beiden Analysen nicht zeigen. Auch die übrigen Sande sind recht verschieden aufbereitet. Der „Obere Buntsandstein“ von Baden hat 8,72, ein schiefriger, glimmerreicher von Würzburg 9,63; die übrigen 20,16 (Jena), 22,90 (Kissingen), 28,46 (Oberschlesien), 33,83 („Röt“ von Würzburg). Dieses hat eine hohe Zahl für Mg O: 0,75, aber sehr niedrige für Ca O (0,01) und Na_2O (0,02). Ein weiterer Sandstein von Würzburg hat 0,22 Mg O neben 0,13 Ca O, 0,15 Na_2O. Dieser könnte geringen Salzwassercharakter haben. Nicht dagegen die Plattensandsteine, die übereinstimmend wenig Erdalkalien und Natron haben, desgleichen der „Obere Buntsandstein aus Baden“. Bei den übrigen reichen die Analysen nicht aus. Die Zahlen für K_2O schwanken zwischen 0,07 im Plattensandstein und 0,75 („Röt“ von Würzburg), die übrigen zwischen 0,36 und 0,58. Der Durchschnitt ist höher als bei dem Unteren und Mittleren Buntsandstein, aber immer noch vergleichbar. Erkennbar ist nicht, worauf die Aufbereitung der Oberen Buntsandsteine zurückgeht. Salzwassercharakter zeigen höchstens die beiden Würzburger Sandsteine, die Plattensandsteine dagegen nicht. Die Verwitterung der Ausgangsmaterialien ist eine mittlere wie beim Unteren und Mittleren Bundsandstein auch.

Zusammenfassend kann man auf Grund der vorstehenden Vergleiche von 268 Bauschanalysen klastischer Gesteine nach molekularer Berechnung der mit der Tonerde verbundenen Bestandteile auf $Al_2O_3 = 1$ sagen:

Bei den Tonen zeigen hohe Zahlen besonders für Mg O, auch für Na_2O und z. T. für Ca O Berührung mit Salzwasser, die niedrigen Zahlen der entsprechenden Bestandteile Berührung mit Süßwasser. Hauptsächlich bei Süßwassertonen kennzeichnen niedrige Zahlen des K_2O starke atmosphärische Auslaugung in feuchten Tropen oder Subtropen, höhere die schwächere des gemäßigten und des kühleren Klimas. Höhere Zahlen für SiO_2 deuten in der Regel auf sandige Beimischung, die bei Flußabsätzen häufiger ist als bei Meeresabsätzen.

Bei den Sanden kennzeichnen niedrige Zahlen für SiO_2 geringe Aufbereitung und gleichmäßige Sedimentation, hohe eine stärkere Aufbereitung, die weniger durch Flußwasser als durch Brandung, Wind oder chemischen Einfluß erfolgt. Möglicherweise läßt auch bei Sanden eine hohe Zahl für

Mg O auf Berührung mit Salzwasser schließen. Die Zahl für K_2O (für beide Alkalien) schwankt mit dem Klima, niedrige Zahlen sprechen für feuchtes, wärmeres, höhere für kühleres Klima, hohe bis zur gleichen Höhe wie bei Feldspat kommen bei Dünensanden vor. Auch chemische Einflüsse erniedrigen die Alkalizahl.

Die Tone der Buntsandsteinformation zeigen im Unteren und z. T. im Oberen den Charakter sandarmer, gut sedimentierter Salzwassertone mit mäßiger Verwitterung des K_2O; die des Mittleren sandreichere, eher Süßwasser- als Salzwassertone mit der gleichen Verwitterung des K_2O. Rötletten von Oberschlesien sind teils Tonböden auf Karbonatgesteinen, teils Süßwassertone, der Auslaugung nach wie heutige in Deutschland. Salzgebirgsmergel der Alpen zeigen den Charakter gewöhnlicher Salzwassertone mit der gleichen Verwitterung des K_2O wie die übrigen Buntsandsteintone, nicht der Salztone des Zechsteins. Rotliegendtone sind dagegen ausgesprochene Süßwassertone mit starker Verwitterung des K_2O und kommen als Ursprungssubstanzen für die des Buntsandsteins nicht in Betracht.

Die Sandsteine des Unteren Buntsandsteins sind gleichmäßige Beckensande von sehr geringer Aufbereitung, ein englischer hat stärkere, anscheinend mit Salzwassercharakter; die des Mittleren zeigen stärkere Aufbereitung, mehrere chemische, andere wahrscheinlich mechanische. Diese geht nicht über die der Flußsande hinaus. Die Sandsteine des Oberen sind recht unregelmäßig; württembergische Plattensandsteine zeigen Süßwassercharakter, Sandsteine der Würzburger Gegend anscheinend Salzwassercharakter. Die Aufbereitung ist teils sehr gering, teils mäßig. Stärkere Brandung, Wind- oder chemische Aufbereitung sind nicht erkennbar. Die Verwitterung des K_2O (der Alkalien) ist mäßig und weicht in den einzelnen Perioden wenig auseinander. Ein Rotliegendsandstein stimmt etwa zu denen des Unteren Buntsandsteins bis auf geringere Zahlen für Erdalkalien. Eine Aufbereitung von diesem zum Unteren Buntsandstein ist nicht erkennbar, eher zu denen des Mittleren Buntsandsteins.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: 74

Autor(en)/Author(s): Stremme H.

Artikel/Article: Die Verwendung der Bauschanalysen klastischer Gesteine zu geologischen Vergleichen unter besonderer Berücksichtigung des Buntsandsteins 276-291