

vielseitige und doch wieder regional ein begrenztes Gebiet behandelnde Erdölgeologie.

Verf. weist in dem Vorworte auf BLUMER's Erdölgeologie hin (Bespr. dies. Cbl. 1923, 447), „dessen in klassischem Deutsch geschriebenes Buch durch seine Lebhaftigkeit so recht geschaffen ist, Lust und Liebe zur Erdölgeologie zu erwecken“. Sicher ist, daß Verf. diesem Vorbilde immer wieder gerecht wird; er gibt uns in klarer Sprache nicht nur einen Überblick, sondern läßt uns auch leicht in die verwinkelten Verhältnisse der Erdölgeologie eindringen.

In dem ersten Teile, der allgemeinen Erdölgeologie, werden wir unterrichtet über die Chemie des Erdöls, dessen physikalische Eigenschaften, über die Einteilung der Erdöle, deren Verarbeitung und Verwertung, Bewertung und Preis, über physikalische und chemische Eigenschaften sowie Vorkommen von Erdgas, Asphalt und Ozokerit, die Gesteine und Gesteinsfolgen der Ölfelder, die ölführenden Gesteine, die Migration des Erdöls, ausführlich über dessen Anreicherung, die Begleiter des Erdöls, über die Anzeichen an der Erdoberfläche, die auf Gas und Öl in der Tiefe hindeuten, über die Herkunft und Entstehung des Erdöls, Öl- und Gaserträge usw. Das ist in kurzen Worten ein Überblick über den inhaltreichen allgemeinen Teil (S. 1—392) dieses Werkes.

Die regionale Übersicht in dem zweiten Teile des vorliegenden Werkes behandelt die Vorkommen in den einzelnen Ländern Europas, wobei nicht nur rein zusammenfassende Darstellungen vorgelegt, sondern auch kritische Bemerkungen mannigfach eingeflochten werden.

Mag man auch hie und da mit einer Einzelangabe nicht vollkommen einverstanden sein oder bei Auszügen aus der älteren Literatur eine andere Stellungnahme wünschen, so liegt doch im ganzen eine so vielseitige, anregende Darstellung der Erdölgeologie vor, daß keiner, der sich mit Erdöllagerstätten beschäftigt, sie vom Lagerstättenkundlichen, genetischen, stratigraphischen oder auch vom wirtschaftlichen Gesichtspunkte aus betrachtet, an dieser wertvollen Zusammenfassung vorübergehen darf.

Erich Kaiser.

Personalia.

In Budapest ist der Geologe an der Königl. Ungarischen Geologischen Landesanstalt **Julius Rakusz** am 3. Januar in seinem 36. Lebensjahr verschieden.

In Neapel ist der Direktor des dortigen Mineralogischen Institutes Prof. **Ferruccio Zambonini** gestorben, weiten Kreisen bekannt durch sein Werk „Mineralogia Vesuviana“ und seine kristallochemischen Arbeiten.



Abhandlungen.

Die Bedeutung von Staubstürmen für die Sedimentation.

Von Kurt Leuchs.

Zwei eingehend untersuchte Staubstürme des Jahres 1928, von denen der eine in Polen, der andere in Neuseeland weit verbreitete Staubablagerungen erzeugte, geben mir Veranlassung, die Bedeutung solcher Vorgänge für die Sedimentbildung zu besprechen.

In Polen wurde vom 26.—28. April 1928 auf einem Gebiete von 97 000 km² die Masse von 1 140 000 t Staub abgelagert. Die Untersuchung des Staubes zusammen mit den meteorologischen Verhältnissen ergab, daß es sich um Löß handelt, der aus dem Wüsten- und Steppengebiete von Turan im westlichen Zentralasien stammt und demnach rund 3000 km weit durch den Wind verfrachtet wurde (1).

Neuseeland wurde vom 6.—10. Oktober 1928 von einem Staubsturm betroffen, der auf einem Gebiete von wenigstens 17 000 qkm etwa 100 000 t Staub ablieferte (2). Der Sturm begann im östlichen Zentralaustralien und in Südaustralien und zog über Ostaustralien und das Meer nach der Südinsel von Neuseeland und weiter ungefähr in der Längsrichtung der beiden Hauptinseln über diese von Süden nach Norden hinweg. Die Untersuchung des Staubes zeigte die Herkunft des Materials aus Queensland und Neusüdwales, aber auch Teile von Süd- und dem östlichen Zentralaustralien kommen als Liefergebiet in Betracht. Die Entfernung bis Neuseeland beträgt rund 3700 km.

Staubtransporte über z. T. noch größere Entfernungen und mit größerem Staubfall sind schon öfters festgestellt worden. So ergab die eingehende Untersuchung des großen Staubfalles vom 9. bis 12. März 1901 in Nordafrika und Europa von Sizilien bis Dänemark, ja in einzelnen Ausläufern bis in die ostrussischen Gouvernements Kostroma und Perm Entfernungen vom Ursprungsgebiete in Algier von 2800 bzw. mehr als 4000 km (3). Die dabei abgesetzte Staubmasse verteilt sich auf Landgebiete von 800 000 qkm und es wurde berechnet, daß 330 000 qkm Land in Nordafrika 150 000 000 t Staub erhielten, während auf 470 000 qkm europäischen Landes 1 800 000 t Staub fielen. Nicht berücksichtigt ist dabei die mit 450 000 qkm anzusetzende Meeresfläche zwischen den betreffenden Teilen von Afrika und Europa, so daß in Wirklichkeit die durch diesen Sturm bewegte Staubmasse noch viel größer war.

Auch bei den Sandstürmen von 1928 war die Gesamtmasse wesentlich größer, denn bei dem polnischen Staubfall liegen ja nur die Berechnungen für das polnische Staatsgebiet vor, nicht aber für

die weiten zwischen Turan und Polen liegenden Flächen, und bei dem Neuseeländer Staubfall fehlen Berechnungen für die zwischen dem Ursprungsgebiet und Neuseeland in Ostaustralien und in das Meer niedergefallenen Staubmengen.

Wenn nun auch die Mächtigkeit der Staubablagerungen nirgends groß ist (in Polen beträgt die größte Mächtigkeit gegen 3 mm, meist aber weniger, etwa 1 mm, für Neuseeland kann die mittlere Mächtigkeit etwa halb so groß wie in Polen angenommen werden, da ungefähr die halbe Staubmenge auf Gebiete gleicher Größe entfällt), so besitzen solche episodische Staubablagerungen doch einige Bedeutung für die Sedimentation.

Was zunächst den in Polen gefallenen Staub betrifft, der nach sorgfältiger Untersuchung als Löß zu bezeichnen ist, so ergibt sich daraus, daß sich das Verwehungsgebiet der zentralasiatischen Wüsten und Steppen gegen Westen durch die offenen, gebirgsfreien Landschaften bis weit nach Europa ausdehnt. NOWAK hebt in seiner Untersuchung des polnischen Staubfalles die beachtenswerte Tatsache hervor, daß die feinkörnigen äolischen Sedimente in einer Länge von etwa 16 000 km um die Wüstengebiete Zentralasiens herum zu finden sind, während nur ungefähr auf einem Viertel dieser Strecke diese äolischen Sedimente an frühere Glazialgebiete angrenzen.

Die neuen Ergebnisse der Eiszeitforschung in Nordasien allerdings zeigen die wesentlich größere Ausdehnung dieses Aneinanderstoßens von äolischen und glazialen Sedimenten. Es ergibt sich dadurch (4) für die ganze Breite von Eurasien Kontakt der äolischen Ablagerungen mit den glazialen der nordischen Vereisung. Allerdings geht daraus noch nicht die Notwendigkeit hervor, den asiatischen Löß als Auswehungsprodukt ausschließlich aus den glazialen Ablagerungen aufzufassen, vielmehr muß meines Erachtens nach wie vor daran festgehalten werden, daß die Lößbildung heute noch in dem ariden Klima Zentralasiens vor sich geht.

OBRUTSCHEW nimmt während der Eiszeit durch die starke Bindung der Feuchtigkeit in Form von Eis zeit- und teilweise vielleicht sogar arideres Klima an als jetzt und demzufolge stärkere Lößbildung während dieser Zeit, woraus sich die gewaltige Menge fossilen Lösses erklären würde.

Auch aus Mitteleuropa sind Beweise für rezente Lößbildung bekannt (SAUER-SIEGERT in Sachsen, LAUTERBORN im Rheintal oberhalb des Bodensees) (5).

Während bei dem Vorkommen in Sachsen die Lößzufuhr durch aus anderen Lößgebieten kommende Stürme möglich ist, handelt es sich im Rheintal um tatsächliche Neubildung von Löß, der aus den Schotter- und Sandbänken des Flusses entsteht. Es ist anzunehmen, daß derartige rezente Lößbildung auch in vielen anderen, dafür durch die Beschaffenheit von lockeren Ablagerungen

geeigneten Gebieten Europas erfolgt und es wäre sehr erwünscht, diesbezügliche Beobachtungen zu erhalten. Besonders bei Föhnwinden in den Alpenrandgebieten und in ihrem Vorland wird, analog der Bildung im Rheintal, gelegentlich Lößbildung möglich sein und darauf gerichtete Beobachtungen und Untersuchungen von Staubablagerungen sind deshalb sehr erwünscht.

Hier sei auch auf die für die Frage des Ausgangsmaterials des Lösses sehr wichtigen Untersuchungen von VAN BAREN hingewiesen (6). Er konnte durch genaue mikroskopische und chemische Untersuchungen von Löß bei Maastricht und von cretacischen und tertiären Kalksteinen und tertiären Sanden in Südlimburg die Ergebnisse von VAN RUMELLEN (6) bestätigen, daß der Löß nicht, wie früher angenommen, aus der Grundmoräne, sondern aus diesen älteren Ablagerungen stammt und das äolisch verfrachtete Verwitterungsmaterial dieser Gesteine ist.

Die Untersuchung des Staubes in Polen durch KREUTZ und JUREK und Neuseeland durch MARSHALL ergab folgende Analysen, neben die ich zum Vergleich eine aus 51 Proben von rotem Tiefseeton erhaltene Durchschnittsanalyse sowie eine aus 52 Proben terrigener Sedimente (48 Blau-, 4 Grünschlicke) erhaltene Durchschnittsanalyse setze (beide aus ANDRÉE, Geol. d. Meeresbodens II. S. 327, nach CLARKE).

	Löß-Staub in Polen				Roter Tiefsee- ton	Terri- gene Sedi- mente	Neu- seeländer Staub	
	Krakau	Ro- pienka	Brzesko	Lwow			1928	1902
SiO ₂ . .	58,49	60,43	59,73	57,94	54,48	57,09	57,20	53,68
Al ₂ O ₃ . .	10,59	12,44	12,76	12,30	15,94	17,24	18,00	18,44
Fe ₂ O ₃ . .	4,92	5,88	7,04	5,49	8,66	5,07	4,24	6,54
CaO . .	6,63	1,73	1,97	2,03	1,96	2,04	2,16	0,95
MgO . .	1,20	1,48	1,78	1,77	3,31	2,17	0,98	1,52
K ₂ O . .	1,56	1,79	—	2,97	2,85	2,25	2,64	2,58
Na ₂ O . .	0,79	0,53	—	0,31	2,05	1,05	1,59	1,67
H ₂ O . .	7,60	9,71	8,80	12,16	7,04	7,18	12,62	14,60
TiO ₂ . .	0,58	0,68	—	0,70	0,98	1,27	—	—
P ₂ O ₅ . .	0,24	0,31	0,28	0,24	0,30	0,21	—	—
SO ₃ . .	0,89	—	—	0,13	—	—	—	—
CO ₂ . .	3,72	4,67	4,98	0,65	FeO: 0,84	2,30	—	—
Humus	3,64	—	—	MnO: 0,06	MnO ₂ : 1,21	0,12	—	—
				C 2,94	einige andere Bestand- teile in geringen Mengen	C 1,69	—	—
%	100,85	99,65	97,34	99,69	100,00	100,00	99,79	99,98

10*

Was zunächst dabei auffällt, sind die geringen Unterschiede, die im ganzen zwischen den verschiedenen Analysen bestehen. Vor allem ist zu beachten, daß in dem als Löß zu betrachtenden polnischen Staub von Ropienka der Kalkgehalt kleiner ist als im roten Tiefseeton, während doch eher das Gegenteil zu erwarten wäre.

Bei der Analyse des Staubes von Brzesko allerdings ist der Kalkgehalt mit 1,97 % etwas größer als im roten Tiefseeton und in dem Staub von Lwow übertrifft er ihn noch mehr (2,03 %). Die Analyse des Staubes von Krakau mit dem hohen Kalkgehalt von 6,63 % ist zum Vergleich ungeeignet, da hier örtliche Kalkstaubbeimengung anzunehmen ist.

Davon abgesehen, sind die 4 Analysen polnischen Staubes unter sich ziemlich gleich, wenn auch Differenzen bis zu einigen Prozenten bezüglich der Menge der einzelnen Verbindungen bestehen.

Das läßt sich in ähnlicher Weise auch feststellen bei den zwei Analysen des Neuseeländer Staubes, von denen die zweite die Zusammensetzung eines 1902 gefallenen Staubes gibt, der ebenso wie der von 1928 von Australien gekommen war.

Die wechselnde Menge der einzelnen Verbindungen ist aber kein ausschließliches Kennzeichen äolisch verfrachteten Staubes, denn auch die verschiedenen Analysen des roten Tiefseetones zeigen die gleiche Erscheinung. So betragen in anderen Analysen die Mengen von: SiO_2 43,25 % und 62,10 %, Al_2O_3 13,15 % und 16,06 % (aus TWENHOFEL [7] S. 195) und entsprechende Mengenunterschiede bestehen auch bei den anderen wesentlichen Verbindungen.

Im ganzen ergibt sich schon aus diesen wenigen vergleichenden Angaben der häufige und z. T. recht beträchtliche Wechsel der Beteiligung einzelner Verbindungen. Die verschieden starke Zufuhr von kosmischem und vulkanischem Staub spielt hier eine gewisse Rolle, andererseits ist natürlich auch die Zusammensetzung des Sedimentes ursprünglich verschieden.

Denn zu der kosmischen und vulkanischen kommt als weitere und wahrscheinlich wichtigste, der Masse nach, die kontinentale Komponente. Von ihr wird ein Teil durch Wasser, besonders durch die Flüsse ins Meer gebracht, in fester, kolloidaler oder gelöster Form, ein anderer Teil aber durch die Winde.

Schon MURRAY und PHILIPPI haben für gewisse Mineralkörper im roten Ton südlich der Kokosinsel im Indischen Ozean Verfrachtung durch den Passatwind aus Australien angenommen und deshalb vermutet, daß der feine Staub vom Lande noch viel weiter über das Meer hinausgetragen wird und dort zu Boden sinkt.

In seinen Untersuchungen des Neuseeländer Staubes weist MARSHALL auf die Tatsache hin, daß ein großes Gebiet des Bodens der südlichen Tasmansee mit rotem Ton bedeckt ist und hält es für möglich, daß dieses Sediment aus Staub besteht, der von Australien hergeweht ist.

Offensichtlich ist ja die Beziehung zwischen dem chinesischen Löß und dem teils durch den Hoangho, teils durch Wind in das Gelbe Meer hinausgeführten Sediment dieses Meeres, das davon seinen Namen hat. Noch in die japanische Inlandsee bringen die Winde den chinesischen Lößstaub und gelegentlich werden dort die Schiffe von ihm in starkem Maße bedeckt, wie Herr Professor SCHOTT mir auf Grund persönlicher Erfahrung berichtete.

Aus diesen wenigen Beispielen, die noch wesentlich vermehrt werden könnten, geht die schon längst bekannte Tatsache hervor, daß äolischer nichtvulkanischer Staub eine nicht zu unterschätzende Komponente der marinischen Ablagerungen sein kann. Die Möglichkeit der Verwehung über Strecken von mehreren 1000 km ist durch die beiden Staubfälle von 1928 aufs neue bewiesen. Nötig ist dazu nur, daß durch entsprechende meteorologische Verhältnisse der Staub in eine gewisse Höhe gelangt, dann kann er sich, wie ja besonders auch die vulkanischen Staubfälle (Krakatau, Mt. Pelée, Vesuv u. a.) beweisen, lange Zeit schwebend erhalten und über gewaltige Flächen abgelagert werden.

Der Einfluß solcher Staubmassen auf die Sedimentation kann deshalb unter günstigen Umständen einigermaßen beträchtlich sein, besonders dann, wenn in einem Gebiete Staubstürme häufiger auftreten.

In Wisconsin (nach TWENHOFEL) fiel am 9. März 1918 wenigstens 1 Million t, am 19. März 1920 wenigstens 2 Millionen t Staub, für Teile von Südeuropa berechnete FREE in 3000 Jahren rund 8 cm mächtige Ablagerung von Saharastaub, nach UDDEN erhält das Mississippi auf einer Strecke von 2300 km eine Zufuhr von 850 Millionen t Staub jährlich.

Eine Anzahl von Belegen für äolische Staubzufuhr gibt auch W. GRAF ZU LEININGEN (8).

Werden solche Staubmassen nach ihrer Ablagerung auf dem Lande vom fließenden Wasser an geeigneten Stellen zusammengeschwemmt, dann können aus einer ganz dünnen Staublage unter günstigen Umständen einigermaßen mächtige Sedimente entstehen, je nach dem Größenverhältnis zwischen primärem und sekundärem Ablagerungsgebiet des Staubes.

Das gilt in ähnlicher Weise auch für den ins Meer fallenden Staub, der durch Strömungen vor dem Niedersinken in einzelne Meeres-teile getrieben wird.

Durch derartige Vorgänge lassen sich vielleicht Entstehungsmöglichkeiten für die Einschaltung abweichend beschaffener Lagen oder Linsen in eine einheitliche Schichtfolge gewinnen.

Früher schon habe ich zusammen mit UDLUFT (9) in einer Untersuchung der roten Kalke der Berchtesgadener Alpen nachgewiesen, daß die roten Lagen durch Zufuhr chersogenen Materials entstanden sind. Es war damals nicht möglich, zu entscheiden, welches

Transportmittel dafür in Frage kommt, Wasser oder Wind? Auch heute muß diese Frage offen bleiben. Jedoch dürfte bezüglich der chersogenen Komponente der roten Kalke der Berchtesgadener Trias ebenso wie der roten Liaskalke und bei diesen besonders wegen ihrer die Farbe des ganzen Gesteins bestimmenden Masse weit eher eine Verfrachtung durch das Wasser anzunehmen sein. Denn die roten Kalke der Berchtesgadener Alpen und ebenso die roten Liaskalke haben doch wesentlich andere Zusammensetzung als die sicher station vorhandenen Kalkgehalt abgesehen wird, der hier natürlich außer Betracht bleiben muß, und zum Vergleich deshalb nur die Rückstandsanalysen benutzt werden, dann ergibt sich folgendes:

Norische und rhätische Kalkst.	Karn. Hallst. K.	Adnether Lias
SiO_2	2,47—19,40	31,24
Al_2O_3	6,77—71,00	56,00
Fe_2O_3	12,80—96,14	12,74
		10,05

Die Analysen zeigen große Schwankungen der Mengen von SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Alle übrigen Verbindungen sind nur in Spuren vorhanden oder fehlen ganz.

SiO_2 ist stets in wesentlich geringerer Menge vorhanden als Al_2O_3 , während bei den Staub-, Ton- und Schlickanalysen das umgekehrte Verhältnis herrscht. Auch die Menge des Fe_2O_3 ist wenigstens in 11 der 13 Analysen wesentlich größer als bei den Staub- etc. Analysen. Wie weit der CaO-Gehalt der roten Kalke auf direkter chersogener Zufuhr beruht, läßt sich begreiflicherweise nicht entscheiden.

Es muß ja bei diesen Ablagerungen, die durchwegs in geringer Wassertiefe und mit Ausnahme des Liaskalkes in der Riffzone entstanden sind, noch mehr als bei Ablagerungen tieferen Meeres mit Veränderungen während der Sedimentation sowie bei der Diagenese gerechnet werden, so daß es vielfach ganz unmöglich sein wird, die Verfrachtungsart aus dem fossilen Sediment sicher festzustellen.

Es gibt aber in den Kalkalpen und anderswo manches als Lage oder Linse geringer Mächtigkeit auftretende Gestein von einer Beschaaffenheit, die stark verschieden ist von der Ausbildung der sie einschließenden Schichtenreihe.

Treten solche Einlagerungen nur ganz vereinzelt in räumlich geringer Ausdehnung auf, dann werden sie, besonders wenn ein Nachweis anderer Entstehung nicht gesucht wird, meist auf episodisch einsetzende stärkere fluviatile Wirkungen in dem benachbarten Lande zurückgeführt. Bei Einschaltungen, die in größeren Gebieten horizontbeständig auftreten, kann und muß vielfach noch die weite Verbreitung der fluviatil in das Meer gebrachten Stoffe durch Strömungen berücksichtigt werden.

Aber trotzdem ist diese Erklärung doch oft recht unbefriedigend, denn die fluviatile Zufuhr war ja auch, wenn auch vielleicht nicht in so starkem Maße, vor- und nachher vorhanden und ebenso die Meeresströmung.

Eine weitere Erklärungsmöglichkeit geben tektonische Bewegungen. Für die Einschaltung der roten Lagen und Linsen in den Berchtesgadener Alpen konnten sie mit großer Wahrscheinlichkeit, z. T. mit Sicherheit (Rhät) als primäre Ursache nachgewiesen werden.

Sie ermöglichen eine weit stärkere Zufuhr chersogener Stoffe in das Meer, und die Riffzone mit ihrer unregelmäßigen Oberfläche und ihrem von Löchern und Hohlräumen durchsetzten Bau mußte einen großen Teil dieses Materials auffangen und seine Sedimentierung herbeiführen.

Wenn somit bei diesen Sedimenten, wenigstens auf Grund der petrographischen und chemischen Untersuchungen, keine Beteiligung von äolisch zugeführtem Staub nachweisbar ist, so könnte das doch vielleicht bei anderen entsprechend beschaffenen und wegen ihres vereinzelten Auftretens weniger leicht nur durch Zufuhr mit Hilfe des Wassers zu erklärenden Ablagerungen der Fall sein.

Unter den hierfür in Betracht kommenden, mir derzeit zur Verfügung stehenden Gesteinen sind in erster Linie einige zu erwähnen, für deren Entstehung zwar wiederholt schon fluviatile Zufuhr als Ursache angenommen wurde, die aber trotzdem noch keine genauere Untersuchung erfahren haben.

Im norischen Hauptdolomit der nördlichen Kalkalpen der Ostalpen kommt in manchen Gebieten eine durch ihre Beschaffenheit von dem mächtigen liegenden und hangenden Dolomit stark verschiedene Einlagerung vor. Sie wird auf Grund der makroskopischen Untersuchung als roter Ton bezeichnet, in dem aber neben kräftigen tiefroten und braunroten Tönen auch hellrote, weißlichgelbe, grünliche und fast weiße Töne auftreten.

Die auffallende Unterbrechung der im allgemeinen herrschenden monotonen Ausbildung des Hauptdolomites muß natürlich eine entsprechend rasch und kräftig einsetzende Änderung der Zufuhr als Ursache haben. Es müssen ferner — da die Tonlagen über eine Mächtigkeit von 1 m kaum hinausgehen, vielfach nur ganz geringe Mächtigkeit von wenigen Zentimetern haben, in vielen Gebieten aber überhaupt fehlen, so daß dort die herrschende Sedimentation von Kalkschlamm, der diagenetisch erst in Dolomit umgewandelt wurde, ohne Zwischenschaltung anderer Faziesbildungen weiterging — die Bedingungen für die Tonsedimentation örtlich und zeitlich beschränkt gewesen sein.

DACQUÉ fand und beschrieb als erster 1912 derartigen roten Ton im Hauptdolomit bei der oberen Krainsberger Alm westlich des Schliersees (10).

Er schreibt darüber: „... ein roter Ton, der sich ganz allmählich aus einer zuerst grünlich tonig, dann im feuchten Zustand völlig purpurrot werdenden Lage entwickelt. Er ist weich und genau von derselben Konsistenz wie die roten Flyschtonen, wenn auch in der Farbe etwas stumpfer, und die ganze Zwischenlage inklusive der grünlichgelblichen Übergangszone dürfte 1 m Breite kaum übersteigen.“

1914 erwähnte HAHN (11) diesen roten Ton mit dem Zusatz: „ebenso wie lateritische (?) Züge stecken im Cenoman und Flysch“.

Seitdem sind rote, auch grüne und gelbliche Tone und tonige Schiefer im Hauptdolomit noch aus verschiedenen nordkalkalpinen Gebieten bekannt geworden. TRUSHEIM gab 1930 eine Aufzählung der Fundorte, die er durch eigene Funde im Karwendelgebirge bei Mittenwald noch vermehren konnte (12). TRUSHEIM deutete sie, in Übereinstimmung mit den anderen Beobachtern, als Einschwemmungen von einem nördlichen Festlande.

Es handelt sich demnach um bisher im wesentlichen in 7 Gebieten nachgewiesene Vorkommen, von denen 6 in den Voralpen liegen: Gegend von Hindelang, Pfronten, Schliersee, Wendelstein, Chiemgau, Niederösterreichische Voralpen, während die Vorkommen östlich Mittenwald der südliehen Zone dicht vor den Kalkhochalpen angehören.

Selbstverständlich kann diese rote Zone auch in anderen dazwischen liegenden Gebieten ebenfalls vorkommen, so daß ihre Verbreitung vielleicht größer ist. Aber es ist nicht anzunehmen, daß sie einen durchgehenden Horizont bildet. Auch von den bisher bekannten Vorkommen ist es ungewiß, ob sie in gleicher stratigraphischer Höhe liegen. Wahrscheinlich ist ihr Auftreten in verschiedener Höhe und damit dann auch das Fehlen der roten Schicht in den Zwischengebieten.

Für solche vereinzelt auftretende Einlagerungen ist es am einfachsten, episodische und örtlich beschränkte Zufuhr durch fluviatile Tätigkeit auf dem Lande und Verfrachtung durch Meeresströmungen anzunehmen.

Ebensogut wäre aber die Annahme möglich, hierin Staubniederschläge zu sehen, die sekundär durch Meeresströmungen verschleppt und an geeigneten Stellen sedimentiert wurden.

Zur Entscheidung dieser Frage wurden einige Proben des Gesteins von der oberen Krainsberger Alm bei Schliersee, die mir Herr Kollege DACQUÉ auf meine Bitte hin in dankenswerter Weise übersandte, untersucht.

Die Analysen ließ Herr Professor SCHWARZ im Chemischen Institut der Universität Frankfurt anfertigen, wofür ich ihm und seinen Mitarbeitern auch an dieser Stelle herzlich danke. Zur Untersuchung kamen drei Proben: 1. eine rotbraune, 2. eine hellrote und 3. eine gelbweiße. Alle diese Gesteine haben typischen, wenn auch schwachen

Tongeruch, das rotbraune Gestein besteht aus dünnen Schichten ungleicher Stärke, das hellrote und gelbweiße zeigt im Handstück keine Schichtung.

In der Zusammensetzung dieser drei Proben bestehen große Unterschiede, wie die folgende Tabelle zeigt, wobei nur die hier wesentlichen Bestandteile aufgeführt werden.

	SiO ₂	(Fe, Al) ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂
1. . . .	48,5	36,1	3,3	0,5	3,2
2. . . .	4,6	4,1	29,4	18,2	43,2
3. . . .	11,6	3,2	27,6	14,2	37,4

Dabei fällt vor allem der hohe Gehalt an SiO₂ bei der ersten Probe auf. Zusammen mit dem gleichfalls großen Anteil von Fe₂O₃ + Al₂O₃ (eine Trennung beider Oxyde wurde nicht vorgenommen) ergibt sich daraus eine Zusammensetzung, die eine gewisse Übereinstimmung mit der Durchschnittsanalyse von rotem Tiefseeton hat, wo die entsprechenden Zahlen 54,48 und 24,60 sind. Der Gehalt an CaO ist größer, der an MgO geringer als im roten Tiefseeton. Die erste Probe ist demnach als Ton zu bezeichnen, trotz dem hohen Kieselsäuregehalt, der ja auch bei anderen Tonen vorhanden sein kann. So hat für den cambrischen Ton von Estland LINCK (13) festgestellt, daß neben 15,93 % Tonsubstanz und Wasser 76,05 % unzersetzte sandige Mineralbestandteile vorhanden sind, wonach dieser plastische Ton eher ein tonhaltiger Sand zu nennen wäre. Auch der Rupelton des Mainzer Beckens enthält neben 14,65 % Al₂O₃ an Quarzsand 23,31 % und außerdem an löslicher Kieselsäure 34,80 % (14).

Anders dagegen ist die Zusammensetzung von Probe 2 und 3. Hier fällt die starke Abnahme des Tonerde- und Kieselsäuregehaltes zusammen mit entsprechender Zunahme des Carbonatgehaltes auf. Es zeigt sich darin eine Annäherung an die Zusammensetzung des hangenden Dolomites, also ein Übergang zu der normalen Gesteinsausbildung durch Zurücktreten des Gehaltes an Fe₂O₃, Al₂O₃ und SiO₂.

Das Verhältnis von CaO zu MgO nähert sich hier schon mehr dem für Normaldolomit, während es bei Probe 1 weit davon entfernt ist. Das dort vorhandene Überwiegen von CaCO₃ über MgCO₃ (5,9 : 1,1) ist in erster Linie auf den starken Tonerdegehalt zurückzuführen, der einer Dolomitierung entgegenwirkt, wie das schon früher für die Seefelder Mergel von SANDER und von mir zur Erklärung der unvollständigen oder fehlenden Dolomitierung in Teilen der norischen Stufe der kalkalpinen Trias angenommen wurde (15).

Lithogenetisch ergibt sich aus diesen Analysen eine episodisch auftretende, kurzdauernde Sedimentation von Fe₂O₃--, Al₂O₃- und SiO₂-haltigen Stoffen, die nach oben innerhalb einer geringmächtigen Übergangszone rasch wieder aufhört, so daß sich aufs neue das Normalsediment bildet, das nach früheren Feststellungen ein Kalk-

schlamm mit sehr geringem Gehalt an jenen Stoffen gewesen ist, der dann diagenetisch erst in Dolomit umgewandelt wurde.

Für die chemische Zusammensetzung dieses episodischen Sedimentes ist, wie sich hieraus ergibt, die Probe 1 maßgebend, in der die Normalausbildung zu sehen ist. Aus der Korngröße dieser Probe ist aber ebensowenig wie aus der der anderen Proben über die Art der Zufuhr etwas zu entnehmen, da es sich um durchwegs sehr feinkörnige Gesteine handelt, mit Durchmessern der Einzelkörner von 0,05 mm und weniger.

Es bleiben somit für die Zufuhr dieser dem normalen Gestein des Hauptdolomites fremdartig gegenüberstehenden sporadisch auftretenden Einlagerungen zunächst beide Möglichkeiten bestehen.

Jedoch spricht die Tatsache des vereinzelten Auftretens der tonigen Schichten eher für äolische Zufuhr, besonders wenn die bei den Neuseeländer Staubfällen gemachten Erfahrungen herangezogen werden. Denn, wie schon erwähnt, hält es MARSHALL für wahrscheinlich, daß der rote Ton am Boden der südlichen Tasmansee aus von Australien hergeführtem Staub entstanden ist. MARSHALL betont, daß dieser rote Ton eher in größerer Tiefe als gewöhnlich gefunden wird, woraus auf eine andere Transportkraft geschlossen werden muß, die von den Böschungsverhältnissen der flacheren, küstennäheren Gebiete unabhängig ist. Auch die starke elektrolytische Wirkung des Meerwassers, die es bewirkt, daß die Hauptsedimentationszone verhältnismäßig nahe den Küsten liegt, weshalb durch Strömungen nur sehr wenig Material für die Sedimentation in küstenferne Meeresgebiete gebracht werden kann, spricht für diese Ansicht. Gleicherweise beweisen die Verhältnisse der japanischen Inlandsee mit dem von China hergewehten Lößstaub. Und die große Übereinstimmung der Analysen verschiedener Sedimente, sowohl rein äolischer kontinentaler, als auch sicher aus terrigenem Material gebildeter mariner mit Analysen von rotem Tiefseeton (s. Analysentabelle) ist eine Tatsache, die in mancher Hinsicht doch sehr zu beachten ist.

Als Ergebnis dieser vergleichenden Untersuchung zeigt sich die Schwierigkeit einer Unterscheidung zwischen fluviatil und äolisch zugeführten Baustoffen. Denn in beiden Fällen kann es sich um sehr feinkörniges Material handeln und kann dieses aus bunter Mischung der verschiedensten Mineralteilchen bestehen. Handelt es sich aber um gröberes Material, in dem unter Umständen auch Gesteinsstückchen enthalten sind, dann ist mit Sicherheit fluviatile Zufuhr anzunehmen, während bei den feinstkörnigen Sedimenten die Unsicherheit über die Art der Zufuhr bestehen bleibt. Die physikalische und chemische Beschaffenheit des Sedimentes gibt in solchen Fällen keine Möglichkeit der Unterscheidung zwischen fluviatil und äolisch zugeführtem Material.

Dagegen gibt die Art des Vorkommens solcher Einlagerungen: sporadisches Auftreten in geringer Mächtigkeit, Einlagerung in Form von Schmitzen und flachen Linsen, fehlende Horizontbeständigkeit, starke petrographische Faziesverschiedenheit gegenüber dem Hauptgestein, — eine Reihe von Anhaltspunkten, die in ihrer Gesamtheit ebenso sehr gegen fluviatile wie für äolische Zufuhr sprechen. Schwer vorstellbar ist auch die Annahme einer plötzlich so stark gesteigerten fluviatilen Zufuhr, daß dadurch Material bis weit in das Meeresbecken hinein (Karwendelgebirge) verfrachtet wird und daß auf diesem langen Wege keine stärkere Mischung mit dem normalen Meeressediment erfolgen soll. Denn es handelt sich ja bei dem Meer der norischen Triaszeit um ein Flachmeer, wie schon früher aus verschiedenen Tatsachen geschlossen werden konnte (15). Es sei hier besonders auf das gelegentlich zu beobachtende Auftreten von diskordanter Paralleltextur hingewiesen, wofür ich 1931 weitere Belege in den südlichen Allgäuer Alpen fand, während TRUSHEIM diese Textur im Karwendelgebirge östlich Mittenwald feststellte. Auch die Konglomerate im Hauptdolomit sind hier zu erwähnen, sowie die dickschaligen Megalodonten und der Schalen-schill (12).

In einem Flachmeere sind aber die Bedingungen für weiten Transport fluviatil eingeschwemmten Materials noch ungünstiger als in tieferem Meere.

Alle diese Gründe sprechen für die Annahme, in diesen roten Einlagerungen im Hauptdolomit äolisch zugeführtes Material zu sehen, das nach dem Niedersinken in das Wasser durch Strömungen verfrachtet und an geeigneten Stellen sedimentiert wurde, so daß dort jeweils kurzdauernde Unterbrechungen der normalen Kalkschlammablagerung eintraten.

Zusammenfassung.

Ausgehend von zwei großen Staubstürmen des Jahres 1928 und unter Heranziehung weiterer Angaben über starke Staubfälle wird untersucht, wie weit aus der physikalischen und chemischen Beschaffenheit von fremdartigen Einlagerungen in sonst einheitlichen Schichtreihen auf das Transportmittel geschlossen werden kann, das für die Bildung der Einlagerungen ausschlaggebend war.

Der Vergleich von chemischen Analysen der verschiedensten Sedimente zeigt die Unmöglichkeit, dadurch zu einer Entscheidung zu gelangen. Die Art des Auftretens derartiger Einlagerungen aber, für die als Beispiel rote Tonschmitzen im norischen Hauptdolomit herangezogen werden, läßt eine Anzahl von Tatsachen erkennen, die für äolische Staubzufuhr sprechen, während sich bei der bisher allgemein angenommenen fluviatilen Zufuhr große Schwierigkeiten ergeben.

Literatur.

1. KREUTZ und JUREK: Der Staubfall in Südpolen von Ende April 1928. *Annales Soc. Géol. de Pologne* V, S. 317—344, 1928. — NOWAK: Zur geologischen Deutung des Staubfalles in Polen im Jahre 1928. *Annales Soc. Géol. de Pologne* V, S. 345—352, 1928.
2. MARSHALL: The Dust-storm of October 1928. *New Zealand Journal of Science and Technology* Bd. 10, 1929, S. 291—299 (Meteoro- logische Verhältnisse von KIDSON dargestellt).
3. HELLMANN-MEINARDUS: Der große Staubfall vom 9.—12. März 1901 in Nordafrika, Süd- und Mitteleuropa. *Abh. Preuß. Meteorol. Institut* Bd. 2, 1901, 93 S., 6 Taf.
4. OBRUTSCHEW: Die Verbreitung der Eiszeitspuren in Nord- und Zentral- asien. *Geol. Rundschau* Bd. 21, 1930, S. 243—283, 1 Karte.
5. SAUER und SIEGERT: Über Ablagerung rezenten Lösses durch den Wind. *Z. D. Geol. Ges.* Bd. 40, 1888, S. 575—582. — LAUTERBORN: Über Staubbildung aus Schotterbänken im Flußbett des Rheines. *Verh. Naturh.-Med. Verein Heidelberg. N. F.* Bd. 11, 1912, S. 359—368.
6. VAN BAREN: Vergleichende mikroskopische, physikalische und chemische Untersuchungen von einem Kalkstein- und einem Löß- Bodenprofil aus den Niederlanden. *Mitt. Geol. Inst. Wageningen* Nr. 16, 1930.
7. TWENHOFEL: Treatise on Sedimentation. Baltimore 1926.
8. W. GRAF ZU LEININGEN: Über die Einflüsse von äolischer Zufuhr auf die Bodenbildung. *Mitt. Wiener Geol. Ges.* Bd. 8, 1915, S. 139—177.
9. LEUCHS und UDLUFT: Entstehung und Bedeutung roter Kalke der Berchtesgadener Alpen. *Senckenbergiana* Bd. 8, 1926, S. 174—199.
10. DACQUÉ: Geologische Aufnahme des Gebietes um den Schliersee und Spitzingsee. *Mitt. Geogr. Ges. München* 1912.
11. HAHN: Ergebnisse neuer Spezialforschungen in den deutschen Alpen. *Geol. Rundschau* Bd. 5, 1914, S. 112—145.
12. TRUSHEIM: Die Mittenwalder Karwendelmulde. *Wiss. Veröffentl. des D.Ö. A.V.* Nr. 7, 1930.
13. LINCK: Über den mineralogischen Bestand der Tone. *Chemie der Erde* Bd. 3, 1927, S. 370.
14. KLEMM: Erläut. Bl. Kelsterbach u. Neu-Isenburg. Darmstadt 1901, S. 18.
15. LEUCHS: Beiträge zur Lithogenese kalkalpiner Sedimente, II. Teil. *N. Jb. Min. etc. Beil.-Bd.* 59 Abt. B. 1928, S. 430.

Bei der Redaktion eingegangen am 25. November 1931.

R. Weyl, Studien etc.

Studien zur vergleichenden Sedimentpetrographie der norddeutschen Tertiärmeere.

(Vorläufige Mitteilung.)
Von Richard Weyl, Kiel.
Mit 1 Textfigur.

Über die Sedimentpetrographie des norddeutschen Tertiärs liegt bereits eine Reihe von Einzeluntersuchungen vor, deren Verf. H. RUNGE (1), W. WETZEL (2, 3), R. WEYL (4), G. SIMON (5)¹ sind. Da gewiß nicht beabsichtigt ist, bei Einzelergebnissen stehen zu bleiben, prüfen wir zunächst an Hand einer Übersicht, zu welchen allgemeinen Fragen der Erdgeschichte des norddeutschen Tertiärs Stellung genommen werden kann, und welcher Methoden die Sedimentpetrographie sich dabei zweckmäßig bedient.

Nachdem nächstliegende Untersuchungsaufgaben vor allem über Meeres- und Festlandsgrenzen schon auf Grund anderer Methoden erledigt sind (6, 7), oder ihren weiteren Fortgang nehmen können, treten folgende Fragen hinzu (8):

- I. Meereskundliche Fragen:
Tiefe der nordeuropäischen Tertiärmeere,
Strömungsverhältnisse der nordeuropäischen Tertiärmeere,
Temperatur der nordeuropäischen Tertiärmeere,
Mikrofauna
- II. Fragen nach den Beziehungen der marinen Sedimentation zu den geographischen Bedingungen auf den umgrenzenden Festlandsgebieten:
Lage und Bedeutung von Aufragungen (d. h. bevorzugten und petrographisch gut charakterisierten Belieferungsgebieten des terrigenen Detritus),
Lage und Bedeutung von Flussystemen (d. h. bevorzugten Transportwegen des terrigenen Detritus),
Ausbildung und Bedeutung der Vegetationsdecke für terrestrische Abtragung und marine Sedimentation.
- III. Wie äußert sich das wechselnde Klima der Tertiärzeiten, das direkt die geographischen Verhältnisse des Festlandes beeinflußt, indirekt auch in der Sedimentation der eingeschlossenen Meere?
- IV. Spiegeln sich die tektonischen Phasenfolgen nicht nur in der Umgrenzung, sondern auch in der Sedimentation der Meere wieder?

¹ Während der Drucklegung erschien: H. MÜLLER, Über die quantitative mineralische Zusammensetzung tertiärer Sande im Untergrund von Hamburg und Umgebung (dies. CBL. A. 1931, S. 278), worin hauptsächlich die spezielle Charakteristik der Schwermineralien des Hamburger Jung- tertiärs wertvoll erscheint.