Beiträge zur Kenntniss der glacialen Schichten permischen Alters in der Salt-Range, Punjab (Indien).

Von

Fritz Noetling in Calcutta.

Hierzu Taf. V.

Literatur[1].

1. Allgemeines.

1884. R. D. Oldham, Rough notes for the construction of a chapter on the history of the Earth. Journ. Asiat. Societ. of Bengal. **53.** pt. II p. 187.

1886. —, On Homotaxis and Contemporaneity. Geol. Mag. Dec. III. **3.** p. 293.

1886. —, Probable Changes of Latitude. Geol. Mag. Dec. III. **3.** p. 300.

1887. Waagen, Die carbone Eiszeit. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien. **37.** p. 143.

1886/87. Neumayr, Erdgeschichte. **2.** p. 191.

1891. Kayser, Lehrbuch der geologischen Formationskunde. **2.** p. 167.

1895. Keilhack, Alte Eiszeiten der Erde, Himmel und Erde. **7.** p. 249.

2. Indien.

1856. H. J. Blanford, W. J. Blanford and W. Theobald, On the Geological Structure and relations of the Talcheer coalfield in the district of Cuttack. Mem. Geol. Surv. Ind. **1.** pt. I p. 33.

1863. J. Oldham, Additional Remarks on the Geological relations and probable geological age of several systems of rocks in Central India

---

[1] Das Literaturverzeichniss erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Immerhin glaube ich annehmen zu dürfen, dass die wichtigsten Arbeiten, namentlich soweit sie die permischen Glacialablagerungen Indiens betreffen, angeführt sind. Die zahlreichen Arbeiten Feistmantel's, welche sich in den Records und Memoirs der Geological Survey of India finden, sind deswegen nicht einzeln aufgeführt, weil in denselben das glaciale Moment mehr in den Hintergrund tritt. Jedenfalls wird das obige Verzeichniss dem, der sich näher mit dieser Frage beschäftigen möchte, genügende Angaben bieten, auf welchen weiter gebaut werden kann.

and Bengal. Mem. Geol. Surv. Ind. **3**. pt. I p. 197 (auch für Australien).

1873. W. J. Blanford, On some evidence of glacial action in tropical India in palaeozoic (or the oldest mesozoic) times. Report Brit. Assoc. f. the Advan. of Science. **43**. pt. II p. 76.

1875. Fedden, On the evidences of ground-ice in tropical India during the Talchir period. Records Geol. Surv. Ind. **17**. p. 197.

1875. H. J. Blanford, On the Age and Correlations of the Plant-bearing series of India and the former existence of an Indo-Oceanic continent. Quart. Journ. **31**. p. 519.

1876. W. J. Blanford, Note on the geological age of certain groups comprised in the Gondwana series of India and on the evidence they afford of distrint Zoological and Botanical Terrestrial Regions in ancient epochs. Records Geol. Surv. Ind. **9**. p. 79.

1877. Hughes, The Wardha Coal Field. Mem. Geol. Surv. Ind. **13**.

1878. Wynne, On the Geology of the Salt Range in the Punjab. Mem. Geol. Surv. Ind. **14**.

1879. Ball, On the evidence in favour of the belief in the existence of floating ice in India during the deposition of the Talchir (Permian, or Permo-triassic) rocks. Proc. Roy. Dublin Soc. New series. **2**. p. 430. Journ. Royal. Geol. Soc. Dublin. **5**. p. 223.

1879. Waagen, The Salt Range Fossils. Palaeontol. Indica. Ser. XIII. **1**. The Productus limestone group. pt. I.

1878. W. J. Blanford, The Palaeontological relations of the Gondwana System. Rec. Geol. Surv. Ind. **11**. p. 109.

1880. Wynne, On the Trans-Indus Extension of the Punjab Salt Range. Mem. Geol. Surv. Ind. **17**. pt. I p. 236.

1880. Griesbach, Geology of the Ramkola and Tatapani coalfields. Mem. Geol. Surv. Ind. **15**. p. 129.

1881. Wynne, On the connection between travelled blocks in the Upper Punjab and a supposed glacial period in India. Geol. Mag. Dec. II. **8**. p. 97.

1881. —, Travelled blocks of the Punjab. Records Geol. Surv. Ind. **14**. p. 153.

1883. Lydekker, Geology of the Cashmir and Chamba territories and the British District of Khagan. Mem. Geol. Surv. Ind. **22**. p. 27 u. 104.

1885. Griesbach, Afghan Field-Notes. Records Geol. Surv. Ind. **18**. p. 62.

1886. Medlicott, Memorandum on the discussion regarding the boulder beds of the Salt Range. Records Geol. Surv. Ind. **19**. p. 131.

1886. Wynne, On a facetted and striated pebble from the Olive group Conglomerate of Chel hill in the Salt Range of Punjab, India. Geol. Mag. Dec. III. **3**. p. 492.

1886. —, On a certain fossiliferous pebble band in the Olive group of the Eastern Salt Range, Punjab. Quart. Journ. Geol. Soc. **42**. p. 341.

1886. Wynne, Notes on some recent discoveries of interest in the Geology of the Punjab Salt Range. Proc. Roy. Dublin Soc. p. 85. (Auszug Geol. Mag. Dec. III. **3**. p. 131.)

1886. Wynne, Discoveries in the Punjab Salt Range. Geol. Mag. Dec. III. **3**. p. 236.

1886. R. D. Oldham, Memorandum on the correlation of the Indian and Australian coal-measures. Records Geol. Surv. Ind. **19**. p. 39.

1886. —, A note on the Olive group of the Salt Range. Records Geol. Surv. Ind. **19**. p. 127.

1886. W. J. Blanford, The facetted blocks from the Salt Range in the Punjab. Geol. Mag. Dec. III. **3**. p. 574.

1886. —, On additional evidence of the occurrence of glacial conditions in the Palaeozoic era and on the geological age of beds containing plants of Mesozoic type in India and Australia. Quart. Journ. Geol. Soc. **42**. p. 249.

1886. —, On a Smoothed and Striated Boulder from the Punjab Salt Range. Geol. Mag. Dec. III. **3**. p. 494.

1886. Griesbach, Field notes from Afghanistan. Records Geol. Surv. Ind. **19**. p. 54.

1886. Waagen, Notes on some Palaeozoic Fossils recently collected by Dr. H. Warth in the Olive group of the Salt Range. Records Geol. Surv. Ind. **19**. p. 22.

1887. W. J. Blanford, Note on a character of the Talchir boulder beds. Records Geol. Surv. Ind. **20**. p. 49.

1887. Warth, On the identity of the Olive Series in the East with the Speckled Sandstone in the West of the Salt Range in the Punjab. Records Geol. Surv. Ind. **20**. p. 117.

1887. R. D. Oldham, Facetted pebbles from the Salt Range, Punjab. Geol. Mag. Dec. III. **3**. p. 32.

1888. H. Warth, A Facetted pebble from the Boulder Bed (Speckled Sandstone of Mount Chel in the Salt Range in the Punjab. Records Geol. Surv. Ind. **21**. p. 34.

1891. Waagen, The Salt Range Fossils. Palaeontol. Indica. Ser. XIII. 1. The Productus limestone group. pt. IV. Geological Results. p. 112 ff.

1891. Middlemiss, Notes on the Geology of the Salt Range of the Punjab, with a reconsidered theory of the origin and age of the Salt marl. Records Geol. Surv. Ind. **24**. p. 20—24.

3. Europa.

1855. Ramsay, On the occurrence of Angular, Subangular, polished and striated Fragments and Boulders in the Permian Breccia of Shropshire, Worcestershire etc. and on the probable existence of glaciers and icebergs in the Permian Epoch. Quart. Journ. Geol. Soc. **11**. p. 185.

1893. Wickham King, Midland Naturalist. **16**. p. 25. (Citat aus Oldham's: Permian Breccias of the Midlands.)

1894. R. D. Oldham, A Comparison of the Permian Breccias of the Midlands with the Upper Carboniferous Glacial Deposits of India and Australia. Quart. Journ. Geol. Soc. **50**. p. 463.

4. Australien.

1866. Selwyn, Notes on the Physical Geography, Geology and Mineralogy of Victoria (Official Catalogue of the Intercolonial Exhibition). Melbourne 1866/67. (Citat nach David.)

1866. Daintree, Report on the Geology of the district of Ballan. Melbourne 1866. (Citat nach David.)

1879. Jack, Report on the Bower River Coal-field. Brisbane 1879. (Citat nach Oldham.)

1887. David, Evidence of Glacial action in the Carboniferous and Hawkesbury Series New South Wales. Quart. Journ. Geol. Soc. **43**. p. 190.

1884. Wilkinson, Notes on the occurrence of a remarkable boulder in the Hawkesbury rocks. Trans. Roy. Soc. of New South Wales. **13**. p. 105. (Citat nach Oldham.)

5. Afrika.

1870. Sutherland, Notes on an Ancient Boulder-Clay of Natal. Quart. Journ. Geol. Soc. **26**. p. 514.

1871. Griesbach, On the Geology of Natal in South Africa. Quart. Journ. Geol. Soc. **27**. p. 58.

1889. Stapff, Das „glaciale" Dwykaconglomerat Südafrikas. Naturwiss. Wochenschrift. 1889.

1. Einleitung.

Obschon bereits Ramsay vor vierzig Jahren die Ansicht ausgesprochen hat[1], „dass das Dogma von der allgemeinen tropischen Wärme während früherer Erdepochen täglich mehr an Boden verliere", so hat doch erst seit dem Erscheinen von Neumayr's Untersuchungen über die klimatischen Zonen während der Jura- und Kreidezeit[2] diese Theorie allgemeineren Anklang gefunden. Neumayr hat in scharfsinniger Weise die theoretische Unmöglichkeit einer gleichmässig warmen Temperatur vom Cambrium bis zum Tertiär nachgewiesen und seine Auffassung in der eben erwähnten, sowie einer späteren Arbeit: Über die geographische Verbreitung der Juraformation[3], dargelegt. Wenn also Neumayr das unbestrittene Verdienst zukommt, in dieser Hinsicht bahnbrechend gewirkt zu haben, so darf doch nicht vergessen werden, dass schon vor ihm namentlich englische Geologen mit grösserer oder geringerer

[1] Quart. Journ. Geol. Soc. 1855. **11**. 202.

[2] Denkschriften der mathem.-naturwiss. Classe der k. Akademie der Wissenschaften. 1883. **47**. p. 277.

[3] Ibid. **50**. 1885.

Bestimmtheit auf den Widerspruch hinwiesen, der zwischen der Entstehung gewisser Ablagerungen und der Theorie einer gleichmässig über die Erdoberfläche vertheilten, warmen Temperatur während der früheren Erdperioden besteht. Es kann jedoch nicht behauptet werden, dass diesen Ansichten anderwärts viel Beachtung geschenkt wurde. Mit Ausnahme von Neumayr's Erdgeschichte und Kayser's Geologie, selbst hier nur in bescheidenem Maasse, werden die Kälteperioden früherer Epochen, namentlich der permischen Zeit, in fast allen modernen Handbüchern der Geologie mit Stillschweigen übergangen, weil sie, wie Waagen[1] treffend bemerkt, gar zu wenig mit den „Gesammtthatsachen der geologischen Forschung übereinstimmten".

Das Geological Survey of India darf es jedoch als eines seiner grössten Verdienste in Anspruch nehmen immer wieder darauf hingewiesen zu haben, dass während einer bestimmten Periode, deren Alter unten näher fixirt werden wird, für Indien wenigstens, eine derartige Abkühlung der Temperatur eingetreten sein muss, dass die Existenz einer glacialen Periode vorauszusetzen ist, falls nicht alle Ansichten und Beobachtungen über die Entstehung und Structur glacialer Ablagerungen unrichtig sind.

Es ist ganz besonders das Verdienst W. J. Blanford's für diese Ablagerungen, welche als Talchir-Conglomerate bezeichnet wurden, bereits im Jahre 1856 einen glacialen Ursprung angenommen zu haben[2]. Die späteren fortgesetzten Forschungen des Geological Survey of India haben unausgesetzt neues Material zur Bestätigung dieser Ansicht beigetragen, und deren Endresultat lässt sich etwa dahin zusammenfassen, dass in Indien, d. h. in demjenigen Theil, welcher von den indischen Geologen als peninsulare Area bezeichnet wird, eine mächtige Ablagerung, das sogenannte Gondwana-System, existirt, deren unterste Abtheilung, die Talchirs, zweifelsohne glacialen Ursprunges ist. Die Beweise für diese Ansicht bestehen hauptsächlich darin, dass die Talchirs

[1] Die carbone Eiszeit. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 37. 1887. p. 143.

[2] On the geological Structure and Relations of the Talcheer coalfield in the district of Cuttack. Mem. Geol. Surv. India. 1. pt. 1 p. 33.

einen Blocklehm darstellen, der an vielen Stellen auf geschrammter und gekritzter Unterlage ruht. Ich kann mich an dieser Stelle nicht auf weitere Details einlassen, da dies ausserhalb des Rahmens der gegenwärtigen Arbeit liegen würde. Blanford's Arbeiten und neuerdings ein zusammenfassender Aufsatz von Waagen über die carbone Eiszeit geben darüber den besten Aufschluss[1]. Ich möchte nur bemerken, dass seiner Zeit eine heftige Controverse über das Alter des Gondwana-Systemes entbrannte, welches in seiner Gesammtheit von Feistmantel auf Grund seiner Einschlüsse an fossilen Pflanzen als zur mesozoischen Aera gehörig angesehen wurde. Es existirt aber wohl kein Zweifel mehr, dass W. J. Blanford's Ansicht die richtige war, welcher durch geistvolle Schlussfolgerungen dargethan hat, dass die Talchirs der permischen Formation Europas entsprechen.

Wenn die Untersuchung der Talchirs gegenwärtig in den Hintergrund getreten ist, so liegt das weniger an dem mangelnden Interesse, als daran, dass im Laufe der Jahre die Arbeiten der genannten Anstalt sich anderen Theilen Indiens zugewendet haben.

In einem anderen Theile Indiens, der ausserhalb der peninsularen Area liegt, nämlich der Salt-Range, sind nun ebenfalls Schichten aufgefunden worden, deren eigenthümlicher Habitus ohne Weiteres einen glacialen Ursprung nahelegt. Es sind dies die sogenannten Boulder beds. Waagen hat in seinem bereits erwähnten Aufsatze über die carbone Eiszeit die beste, für die damalige Zeit giltige Darstellung der einschlägigen Verhältnisse gegeben, und wenn ich in Folgendem mehrfach von seinen Ansichten abweiche, so soll darin weniger ein Vorwurf liegen, als die Feststellung der Thatsache, dass wir in der Zwischenzeit durch wiederholte Specialuntersuchungen zu einer besseren Erkenntniss des Alters eines Theiles der Schichten, aus welchen die Salt-Range aufgebaut ist, gelangt sind.

Ich muss des besseren Verständnisses halber etwas ausführlicher auf Waagen's Darlegungen eingehen. Er ist

---

[1] Wer sich näher für diese Frage interessirt, wird in dem am Anfange gegebenen Literaturverzeichniss ausführliche Hinweise finden.

der Ansicht, dass die palaeozoischen Ablagerungen der Salt-Range in zwei grosse Gruppen zerfallen, deren eine, die ältere, vom Purple sandstone und Salt marl, die andere, jüngere, von den höher folgenden Schichtablagerungen gebildet wird [1].

Diese Ansicht hat sich auf Grund neuerer Untersuchungen als unhaltbar erwiesen. Mein College Middlemiss [2] und nach ihm ich selbst [3] haben den Nachweis geführt, dass der Purple sandstone in inniger Verbindung mit den *Neobolus* beds steht und diese wiederum mit dem Magnesian sandstone faunistisch sowohl als stratigraphisch aufs Engste verknüpft sind. Die von Waagen vorgeschlagene Trennung des Purple sandstones von den darüber lagernden Schichten existirt also thatsächlich nicht, ebensowenig kann ersterer als devonisch angesehen, noch die *Neobolus*-Schicht als Carbon aufgefasst werden. Der Purple sandstone sowohl als die *Neobolus* beds zusammen mit dem Magnesian sandstone sind vielmehr cambrischen Alters. Die von meinem Collegen Oldham beobachtete Discordanz zwischen den Blockanhäufungen (Boulder beds) und den darunter lagernden Schichten der Salt crystal pseudomorphose group existirt in der That, und der von Waagen mitgetheilte, angebliche Übergang der letzteren Gruppe in die Blockablagerungen muss also auf einem Missverständniss beruhen, wenn er nicht in der weiter unten zu besprechenden Aufarbeitung der oberen Schichten der Salt crystal pseudomorphose group, oder Bhaganwalla group, wie ich sie der Kürze halber zu nennen vorgeschlagen habe, seine Erklärung findet.

Mit anderen Worten, wir wissen jetzt auf das Bestimmteste, dass in der Salt-Range die Blockanhäufungen discordant auf cambrischen, nicht, wie Waagen vermuthet hatte, concordant auf carbonischen Schichten lagern.

Ich selbst habe das Boulder bed hauptsächlich im öst-

---

[1] Über die geologischen Verhältnisse der Salt-Range siehe: Wynne, Geology of the Salt Range. Mem. Geol. Survey India. 14. 1878. — Waagen, Palaeont. Indica. Serie XIII. Salt Range fossils. 1. Productus limestone fossils. pt. I and pt. IV. Geological Results.

[2] Records Geol. Surv. Ind. 1891. 24. 19 ff.

[3] Ibid. 1894. 27. 71 ff.

lichen Theile der Salt-Range studirt, und es dürfte somit zweckmässig sein, zuerst eine Darstellung der von mir beobachteten Verhältnisse zu geben, an welche sich eine Discussion über die Entstehung und das Alter dieser Schichten knüpfen lässt. Bemerken möchte ich, dass es bisher an einer detaillirten Schilderung und Beschreibung dieser Ablagerungen fehlt, trotzdem die Literatur über die glacialen Schichten der Salt-Range bereits eine ganz erhebliche ist. Auch die nachfolgende Mittheilung beansprucht nicht in irgend einer Weise erschöpfend zu sein. Dazu wäre viel mehr Zeit erforderlich, als mir bei meinem Besuche der Salt-Range zur Verfügung stand. Was ich beabsichtige, ist vielmehr, einen kleinen Beitrag zur Kenntniss dieser merkwürdigen Ablagerungen zu liefern und wenigstens den Nachweis zu führen, dass in der Salt-Range genau dieselben Bildungen existiren, wie wir sie aus dem Diluvialgebiet des norddeutschen Flachlandes kennen. Meine Beobachtungen beschränken sich hauptsächlich auf die Gegend von Fort Khussak im östlichen Theil der Salt-Range. Es steht fest, dass die Schichtenfolge an verschiedenen Localitäten zwar bedeutend variirt, aber die Charakteristik der einzelnen Schichten, wie sie in Nachfolgendem gegeben wird, dürfte wohl im Allgemeinen zutreffend sein.

2. Geognostische Verhältnisse.

a) Geschiebemergel (Boulder bed).

Der Geschiebemergel oder Blocklehm gleicht in seiner Structur genau den analogen Bildungen Norddeutschlands; er ist ein gewöhnlich braungelber, stellenweise auch durch Aufarbeitung des Untergrundes intensiv roth gefärbter, grobkörniger Lehm oder Mergel von manchmal ziemlich bedeutender Härte. Wirr und regellos sind in dieser Masse unregelmässig geformte, eckige Gesteinstrümmer in allen Grössen eingeknetet. Die kleineren Gesteinsfragmente sind, soweit nicht geschrammt, alle kantengerundet, nicht aber abgerollt.

Unter den grösseren Geschieben ist beinahe jedes Stück mehr oder minder geschrammt; die Schrammungsflächen sind meistens beinahe eben und nur fein gekritzt. Das Auffallendste

ist jedoch, dass weitaus die Mehrzahl der Geschiebe zwei, gewöhnlich aber mehr Schrammungsflächen aufweisen, die unter scharfen Kanten zusammenstossen. Einzelne Geschiebe erscheinen hierdurch wie auf künstliche Weise reich facettirt, und der Anblick, den sie gewähren, ist ein höchst sonderbarer, ganz abweichend von dem, den man sonst an den gekritzten Geschieben unserer Diluvialablagerungen zu haben gewohnt ist. In gewisser Hinsicht erinnern diese Geschiebe an die bekannten Dreikantner, nur dass die Facetten deutlich geschrammt sind, was meines Wissens bei Dreikantnern niemals beobachtet wurde. Ein kleines Geschiebe von etwa 6 cm Länge und 4 cm grösster Dicke weist neun deutlich erkennbare Facetten auf. Wäre man berechtigt, hieraus eine Folgerung zu ziehen, so müsste man annehmen, dass das Stück, während es im Eise eingebacken war, sich zum mindesten neunmal gedreht und jedesmal mit einem anderen Theile seiner Oberfläche den Untergrund berührt habe.

Da die Kritzen und Schrammen auf den Schliffflächen durchaus nicht immer in gleicher Richtung laufen, sondern öfters unter einem rechten Winkel zusammenstossen, so wäre anzunehmen, dass das Geschiebe jedesmal eine doppelte Drehung ausgeführt hat, wenn eine neue Fläche in Angriff genommen wurde. Die mechanische Action muss ebenfalls eine sehr kräftige oder langanhaltende gewesen sein, um solch' ebene Schliffflächen zu erzeugen, wie wir sie an facettirten Geschieben beobachten.

Soweit mir bekannt, sind derartig facettirte Geschiebe weder aus den Diluvialablagerungen Europas noch aus denen moderner Gletscher bekannt. In den glacialen Ablagerungen der Salt-Range sind sie dagegen ungemein häufig.

Das Problem der Entstehung der facettirten Geschiebe ist ein ungemein interessantes, aber wenn auch schon mehrfach behandelt, so ist bisher eine befriedigende Lösung noch nicht gefunden worden. Als diese facettirten Geschiebe gelegentlich der Versammlung der British Association for the advancement of science im Jahre 1886 zuerst einer grösseren Anzahl von Geologen vorgelegt wurden[1], scheint man geneigt

[1] s. auch Geol. Mag. 1886. Dec. III. 3. 492, 494, 574.

gewesen zu sein, die Facettirung auf die mechanische Action des vom Winde geblasenen Sandes zurückzuführen. Dass eine derartige Vermuthung bei der bereits erwähnten Ähnlichkeit der Geschiebe mit Dreikantnern nahe lag, muss ohne weiteres zugestanden werden, aber auch der stichhaltigste Einwand liegt nahe. Vom Winde bewegter Sand kann wohl ebene Flächen erzeugen, die wie polirt erscheinen, allein keine derartigen Furchen und Schrammen hervorrufen, wie wir sie auf den Geschieben beobachten. Blanford[1], und später Oldham[2], wendet sich auch energisch gegen eine solche Annahme, und ich schliesse mich diesen Ausführungen vollkommen an. Allein, wenn auch Oldham diese Theorie gründlich widerlegt hat, so gelingt es ihm doch nicht, eine befriedigende Erklärung zu finden. Da Oldham das Boulder bed durch Eisberge hervorgebracht wissen will, mit anderen Worten, die Lyell'sche Drifttheorie zur Entstehung des Boulder beds heranzieht, so lag es für ihn nahe, die facettirten Geschiebe entweder durch das mit den Gezeiten auf- und niedersteigende Küsteneis oder durch einen ins Meer mündenden Gletscher erzeugt zu denken.

Der Beweis für Oldham's Theorie wäre relativ leicht zu erbringen. Man müsste nämlich dort, wo die von ihm vorausgesetzten Bedingungen obwalten, derartig facettirte Geschiebe finden, denn alle können sie doch nicht auf dem Meeresboden liegen; namentlich müsste man solche auf dem den Gezeiten ausgesetzten Küstenstrich zur Ebbe mit Leichtigkeit auflesen können. Soweit mir aber bekannt, sind bisher derartige Geschiebe, die in ihrer auffallenden Form doch nicht leicht übersehen werden dürften, noch nicht gefunden worden. Damit fehlt die wichtigste Beweisstütze für Oldham's Theorie. Auch ich vermag keine befriedigende Erklärung zu geben, allein es scheint mir die Form dieser Geschiebe auf gewisse, uns bis jetzt unbekannte physikalische Bedingungen hinzudeuten, welche während des Schleifungsprocesses der Geschiebe obgewaltet haben. Nehmen wir vorläufig einmal an, das Medium, in welchem die Geschiebe ein-

---

[1] Geol. Mag. 1886. Dec. III. 3. 574.

[2] Ibid. 4. 32 ff.

gebacken waren, sei Eis gewesen, ob Gletschereis, Küsteneis oder schwimmendes Eis, ist zunächst gleichgiltig. In diesem Falle lässt sich sofort die Frage aufwerfen, warum soll gerade das Eis der Salt-Range derartige facettirte Geschiebe erzeugt haben, während weder das diluviale Eis noch das der heutigen Gletscher solche hervorzubringen im Stande ist? Diese Thatsache, nämlich dass die facettirt-geschrammten Geschiebe in der Art, wie sie in der Salt-Range vorkommen, bisher noch nirgendwo anders gefunden wurden, scheint auf räthselhafte, physikalische Vorgänge während des Schleifprocesses hinzudeuten [1].

Wäre es denkbar (ich will die Frage nur so ganz nebenbei aufwerfen), dass während der permischen Zeit die Gletscher unter anderen physikalischen Bedingungen gebildet wurden, als diejenigen sind, welche wir bei den modernen Gletschern erkannt haben? Meiner Ansicht nach setzt die Erzeugung der facettirten Geschiebe eine grössere Plasticität des einschliessenden Mediums, etwa wie Wachs, voraus, welche es ermöglicht, dass das eingeschlossene Geschiebe sich mit grösserer Freiheit drehe, als wie wir das von einem im Eis eingeschlossenen Geschiebe zu denken gewohnt sind; aber ausserdem war ein gewisser Grad von Festigkeit erforderlich, anders könnten wir uns die Erzeugung der Schliffflächen nicht vorstellen. Ich will nicht behaupten, dass dies in der That so war, aber vorläufig fehlt mir eine befriedigende Erklärung für die ungemeine Häufigkeit der facettirten Geschiebe im Geschiebelehm der Salt-Range und ihre gänzliche Abwesenheit in den glacialen Ablagerungen des Diluviums und der Jetztzeit.

Noch eine andere Eigenart dieser gekritzten Geschiebe

---

[1] Herr Professor Rothpletz, der die von mir gesammelten Geschiebe besichtigte, hat eine, wie ich glaube, recht beachtenswerthe Ansicht ausgesprochen. Er meint, dass die Facetten auf Absonderungsklüfte zurückzuführen seien. Ich muss dazu bemerken, dass, soweit mir bekannt, die Facetten nur bei Porphyren zu beobachten sind. Es würde bei späteren Aufsammlungen genau darauf zu achten sein, ob diese Beobachtung zutrifft oder nicht. Was die Rothpletz'sche Theorie angeht, so wäre allerdings nicht einzusehen, warum immer gerade die Absonderungsflächen und nicht auch andere Theile des Geschiebes geschrammt wurden.

muss hervorgehoben werden: sehr häufig sind lang prismatische, seltener dagegen solche von cylindrischer Gestalt. Die Kritzen finden sich dann auf den Längsflächen, während die Endflächen rauh sind. Waagen bildet pag. 181 seiner mehrfach citirten Arbeit ein derartiges Geschiebe ab; ich selbst habe sie sehr häufig gefunden. In seltenen Fällen jedoch zieht sich die Schrammung in einer gekrümmten Fläche rings um das Geschiebe herum. Letzteres muss sich also während der Schrammung permanent um seine Längsaxe gedreht haben. Diese Art cylindrisch geschliffener Geschiebe ist eigentlich nur als die letzte Ausbildung der prismatischen aufzufassen. Während im ersteren Fall die Drehung ruckweise stattfand, erfolgte sie im letzteren continuirlich. Auch dies setzt eine gewisse Plasticität des umschliessenden Mediums voraus.

Häufig sind wiederum convex gekrümmte Flächen, die ihrer ganzen Ausdehnung nach geschrammt sind. Ein typisches Beispiel hierfür zeigt ein Kalksteingeschiebe, das im Übrigen ebenfalls die Tendenz zur Ausbildung einer cylindrischen Form hat. In gar nicht seltenen Fällen beobachtet man, dass die Schrammung einer Fläche auch die concaven Stellen überzieht, die, wenn die zu beiden Seiten liegenden Theile gekritzt sind, eigentlich hätte rauh bleiben sollen. In diesem Falle gewinnt man den Eindruck, als ob das Geschiebe wie mit einem Schleifpulver behandelt worden sei, das jede Unebenheit und Vertiefung angreift. Die Schönheit der Schrammen hängt natürlich wie anderwärts von der petrographischen Beschaffenheit des geschrammten Materiales ab. Feinkörnige Kalksteine und Kieselschiefer oder feinkörnige Porphyre zeigen die schönsten Schrammen; weniger klar sind sie auf grobkrystallinischen Porphyren. Im Übrigen vermag ich keine Unterschiede in der Form und Gestaltung der Schrammen von denen der diluvialen und recenten Geschiebe zu entdecken[1].

Trotzdem diese Geschiebe schon seit Jahren gesammelt worden sind und das Museum der Geological Survey of India

[1] Hervorragende Kenner geschrammter Geschiebe, wie Herr Geheimerath v. Zittel und Herr v. Ammon in München, denen ich diese Geschiebe vorlegte, wollen allerdings einen Unterschied erkennen, der aber noch erst schärfer zu definiren wäre.

eine ganz erhebliche Anzahl besitzt, so sind dieselben noch nicht genauer studirt worden. Bisher war man der Meinung, dass überhaupt nur krystallinische Geschiebe vorkämen. Meinem Collegen Middlemiss ist jedoch die Auffindung von cambrischen Geschieben der Bhaganwalla und Iutana group, mir selbst die Auffindung von Kalksteingeschieben gelungen. Leider enthielten dieselben keine Fossilien; immerhin ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bei ausgedehnteren Nachforschungen solche entdeckt werden mögen. Zur Altersbestimmung des Geschiebelehmes würden sich dieselben als von ganz bedeutendem Werthe erweisen.

Weitaus die überwiegende Anzahl der Geschiebe besteht aus Porphyren; zurücktretend sind Kieselschiefer, noch seltener sind Hornblendegesteine, am allerseltensten Kalksteine und Dolomite. Diese Angaben beziehen sich, wie ich ausdrücklich bemerken will, nur auf die Gegend von Khussak, anderwärts mögen sich die Verhältnisse anders stellen. Jedoch scheint es, dass überall die Porphyre die weitaus überwiegende Mehrzahl bilden.

Über die Heimath der Geschiebe ist so gut wie nichts bekannt. Oldham meint, dass dieselben aus Gegenden stammen, die heutzutage südlich von der Salt-Range liegen. Ich wage nicht, hierüber ein Urtheil abzugeben. Es muss späteren Forschungen vorbehalten bleiben, Klarheit in diese schwierige Frage zu bringen.

Eine grosse Anzahl der Geschiebe weist noch eine andere Eigenschaft auf, die allerdings nichts mit ihrem glacialen Ursprunge zu thun hat, aber nichtsdestoweniger von erheblichem Interesse ist, insofern sie beweist, dass der Geschiebemergel ganz erheblichen mechanischen Wirkungen seit seiner Ablagerung ausgesetzt war. Die betreffenden Geschiebe sind nämlich geborsten und wieder zusammengekittet. Ein höchst instructives Beispiel bietet ein kleines, schön facettirtes Geschiebe, das schräg über eine Schliffläche von einem Sprunge durchsetzt wird. Längs desselben fand eine kleine Verschiebung statt, so dass die eine Seite um ein Geringes höher ist, als die andere. Die Art und Weise, wie dieser Sprung auftritt, liefert den klarsten Beweis, dass diese Deformirung erst dann eingetreten sein kann, nachdem das Geschiebe geschliffen war, denn wäre die Quetschung

und Wiederverkittung vor dem Schleifen entstanden, so hätte die scharfe, zackige Bruchkante nicht erhalten bleiben können. Diese Erscheinung deutet mit grosser Gewissheit darauf hin, dass die Geschiebe, nachdem sie bereits im Geschiebemergel abgelagert waren, einem ganz bedeutenden Druck ausgesetzt waren. Es ist ebenfalls wahrscheinlich, dass dieser Druck gleichzeitig zur Verfestigung des Geschiebemergels mitgewirkt hat. Die Mächtigkeit des Geschiebemergels schwankt; Wynne[1] giebt dieselbe auf 155 engl. Fuss an; bei Khussak, wo ich meine Beobachtungen machte, beträgt dieselbe schwerlich mehr als 40 engl. Fuss.

An einer Stelle konnte ich deutlich beobachten, dass Theile der unterlagernden Bhaganwalla group aufgearbeitet und in den unteren Theil des Geschiebemergels eingeknetet waren. Der Geschiebemergel zeigte an dieser Stelle eine intensiv rothe Farbe, die ganz deutlich bewies, dass die rothen Thone der unterlagernden Bhaganwalla group sich ganz erheblich an der Zusammensetzung des Geschiebemergels betheiligt hatten. Ja noch mehr, an einer Stelle war aufs Deutlichste zu sehen, wie eine etwas härtere Schicht der Bhaganwalla group zungenförmig in den Geschiebemergel eingriff, wobei sie etwas gestaucht war. Ein schöneres Beispiel von der Aufarbeitung des Untergrundes durch die Grundmoräne als das hier beschriebene, habe ich selbst im norddeutschen Glacialgebiete nicht beobachtet.

Diese Thatsachen, zusammen mit den von Middlemiss entdeckten cambrischen Geschieben, deren Ursprung in den unterlagernden Schichten der Khewra, Iutana und Bhaganwalla group zu suchen ist, beweisen somit aufs Klarste, dass während der Ablagerung des ungeschichteten Blocklehmes eine Zerstörung der unterlagernden cambrischen Schichten stattfand, deren Trümmer sich direct an der Zusammensetzung des Geschiebelehmes betheiligten.

b) Sandige Ablagerungen (Speckled Sandstone) und Conglomerate.

Ungemein mächtig ausgebildet sind wohlgeschichtete, gelblichgrüne Sandsteine, welche häufig roth und grün gesprenkelt

[1] Mem. Geolog. Survey India. 1878. 14. 258.

sind. Im Allgemeinen sind die sandigen Ablagerungen ziemlich hart; eingelagerte Bänke gröberen Conglomerates weisen durchweg Spuren eines starken Druckes in Gestalt gequetschter Geschiebe auf. Die Mächtigkeit der sandigen Ablagerungen wechselt bedeutend; in der Nähe von Khussak mag dieselbe nicht unter 100 engl. Fuss betragen.

Conglomerate, aus wohlgerundeten, nicht geschrammten Geschieben, oft von bedeutender Grösse, bestehend, finden sich allerwärts, meist aber nur local ausgebildet. Diese letzteren Bildungen sind durchweg weniger mächtig als der Geschiebelehm oder die sandigen Bildungen.

c) Thonige Bildungen (Olive group).

Die thonigen Bildungen, meist von dunkel olivengrüner Farbe, sind im Allgemeinen unter dem Namen der Olive group zusammengefasst worden. Die Mächtigkeit dieser thonigen Ablagerungen variirt bedeutend. Es scheint, dass dieselben im östlichen Theil der Salt-Range besser ausgebildet sind als im westlichen; manchmal können sie jedoch gänzlich fehlen.

Diese Ablagerungen sind dadurch von besonderer Wichtigkeit, dass in ihnen Bänke vorkommen, welche Fossilien führen, und zwar sind es hauptsächlich Conularien und grosse Bivalven. Diese Fossilien sind von Waagen[1] näher untersucht und beschrieben worden, und zwar sind es nach ihm die folgenden Arten:

Pleurotomaria nuda Dana
Bucania Warthi n. sp.
Conularia laevigata Morris
„ *tenuistriata* M'Coy
„ *Warthi* n. sp.
Sanguinolites cf. *Mitchelli* Koninck
„ *Tenisoni* Koninck
Nucula sp.
Pseudomonotis subradialis n. sp.
Aviculopecten cf. *limaeformis* Morris
Spirifer vespertilio Sow.
Martiniopsis Darwini Morris
Chonetes cracowensis Etheridge sen.
Discina sp.
Discinisina Warthi n. sp.
Serpulites undulatus n. sp.
„ *Warthi* n. sp.
„ *tuba* n. sp.

Die Bivalven stimmen nach Waagen überein mit solchen, welche in marinen Kohlenschichten Australiens gefunden wurden, nämlich:

Eurydesma globosum Dana
„ *ellipticum* Dana
Eurydesma cordatum Morris
Maeonia gracilis Dana

[1] Waagen, Palaeontol. Indica. Ser. XIII. Salt Range fossils. 1. Productus limestone fossils. pt. IV. Geological Results. p. 120 ff.

Ich muss jedoch gestehen, dass die Erhaltung dieser indifferenten Steinkerne derartig ist, dass ich vorziehe, ein weniger positives Urtheil in dieser Hinsicht zu geben und diese Steinkerne bei der Altersbestimmung späterhin gänzlich ausser Betracht zu lassen.

Die Anwesenheit der Conularien genügt aber vollständig, um diesen Schichten ein palaeozoisches Alter zuzuweisen. Es hat sich allerdings eine Controverse bezüglich dieser Conularien erhoben, welche nicht übergangen werden kann. Es muss zunächst erwähnt werden, dass sie zuerst in Knollen gefunden wurden, über deren Natur ein Zweifel allerdings obwalten konnte. Waren diese Knollen als Geschiebe oder als Concretionen, die an Ort und Stelle gebildet wurden, zu deuten? Die Beantwortung dieser Frage in dem einen oder anderen Sinne war allerdings von principieller Bedeutung. Denn wären die Conularienknollen als Geschiebe[1] aufzufassen, mit anderen Worten, befanden sich dieselben auf secundärer Lagerstätte, so war ihre Bedeutung für die Altersbestimmung der Schicht, in welcher sie gefunden wurden, in erheblichem Maasse herabgedrückt. Erwiesen sie sich jedoch als Concretionen, welche an Ort und Stelle gebildet wurden, mit anderen Worten, befanden sie sich an primärer Lagerstätte, so war in ihnen ein ausserordentlich werthvoller Beweis der Altersbestimmung gegeben.

Wynne[2] und Oldham[3] haben sich für die Auffassung als Geschiebe erklärt. Waagen[4] dagegen tritt für die zweite Auffassung ein, während W. J. Blanford[5] eine abwartende Stellung einnimmt. Nach neueren Untersuchungen meines Collegen Middlemiss[6] scheint es festzustehen, dass die Conularien-Knollen sich auf primärer Lagerstätte befinden. Es gelang ihm sogar, am Chel-hill in der Nähe von Khussak

---

[1] Hierbei ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass dieselben ursprünglich Concretionen waren.

[2] Quart. Journ. Geol. Soc. 1886. **42**. 341 und Geol. Mag. Dec. III. **3**. 236.

[3] Records Geol. Surv. of India. 1886. **19**. 127.

[4] Ibid. **19**. 22 und Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1887. **37**. 178 ff.

[5] Quart. Journ. Geol. Soc. 1886. **42**. 257.

[6] Records Geol. Surv. India. 1891. **24**. 20 ff.

Thonschmitzen aufzufinden, welche in einem ziemlich weichen Sandstein eingelagert waren und Conularien enthielten. Middlemiss führt noch eine Reihe von Beweisen für die primäre Natur der Conularien-Knollen auf, von denen aber keiner so überzeugend ist wie diese thatsächliche Beobachtung. Nach alledem dürfen wir also annehmen, dass die Conularien-Knollen sich auf primärer Lagerstätte finden, und dadurch wird das palaeozoische Alter der Olive group auf das Bestimmteste bewiesen. In welche Epoche der palaeozoischen Zeit wir diese Schichten zu setzen haben, wird sogleich discutirt werden.

3. Lagerungsverhältnisse.

Es ist Eingangs betont worden, dass der Geschiebemergel discordant auf der Bhaganwalla group lagert; Middlemiss hat denselben übergreifend sogar auf der Iutana und der Khussak group (den *Neobolus* shales) gefunden. Ein Zweifel über die Discordanz des Geschiebemergels und der cambrischen Schichten ist somit ausgeschlossen.

Bezüglich der Lagerungsverhältnisse der einzelnen Glieder der Glacialformation ist im Allgemeinen noch wenig bekannt, da, wie bereits bemerkt, ausgedehntere Detailuntersuchungen fehlen. Einzelne Profile können jedoch gegeben werden, welche einigermaassen Aufschluss über diese unzweifelhaft complicirten Verhältnisse zu bringen im Stande sind. In der Nähe von Khussak beobachtete ich folgendes Profil, von oben nach unten:

6. Nummulitenkalk (Eocän).

Discordanz.

5. Sandstein, etwa 100 engl. Fuss.
4. Conglomerat, 1 Fuss.
3. Geschiebelehm, etwa 40 Fuss.
2. Grobes Conglomerat, ca. 15 Fuss.

Discordanz.

1. Bhaganwalla group (cambrisch).

Das grobe Conglomerat an der Basis war jedoch nur local ausgebildet und erfüllte eine Vertiefung der Oberfläche der Bhaganwalla group, während es sich seitlich auskeilte, so dass der Geschiebelehm direct auf dem Cambrium lagerte. Ebenso unbeständig scheint das Conglomerat zwischen dem Geschiebelehm und dem Sandstein zu sein.

Mr. Middlemiss[1] giebt eine Reihe von Profilen, leider ohne genaue Angaben der Mächtigkeit, aber aus all' seinen Profilen geht unzweifelhaft hervor, dass wenigstens im östlichen Theile der Salt-Range die folgende Lagerung von oben nach unten zu beobachten ist:

5. Nummulitenkalk (Eocän).

Discordanz.

4. Verschieden gefärbte, meist gelbliche oder gelblichgrüne Sandsteine, abwechselnd mit Conglomeraten, sog. Speckled Sandstone.
3. Olivenfarbige Thone, abwechselnd mit sandigen Schichten. Im unteren Theile zwei fossilführende Schichten mit Conularien und Zweischalern.
2. Geschiebelehm mit gekritzten und geschrammten Geschieben.

Discordanz.

1. Cambrium.

Wie weit dieses Schema der Reihenfolge der glacialen Ablagerungen im östlichen Theil der Salt-Range auch für deren westlichen Theil giltig ist, kann vorläufig noch nicht gesagt werden. Dass aber auch im östlichen Theil das obige Schema gewissen localen Veränderungen unterworfen ist, lehrt das Profil bei Khussak, wo die glacialen Ablagerungen mit einem groben Conglomerat beginnen, während anscheinend das Aequivalent der Olive series, d. h. der Thone gänzlich fehlt. Diese Schwankungen scheinen mir jedoch nur von untergeordneter Bedeutung, denn Ähnliches wird überall im Gebiete glacialer Bildungen beobachtet.

Von erheblicherer Bedeutung ist es jedoch, dass im Allgemeinen der Geschiebelehm das unterste Glied der glacialen Bildungen darstellt, und wo dieselben in ihren drei Abtheilungen — Geschiebelehm, thonige Bildungen (Olive series), sandige Bildungen (Speckled Sandstone) — entwickelt sind, der Geschiebelehm immer unter den beiden letztgenannten liegt und niemals über denselben, und dass ferner, wenn vorhanden, die thonigen Bildungen der Olive series immer zwischen dem Geschiebemergel und dem Speckled sandstone lagern.

---

[1] Records Geol. Surv. India. 1891. 24. 19.

Ich wiederhole, dass diese Verhältnisse vorläufig nur für den östlichen Theil der Salt-Range giltig sind, und selbst hier ist es noch nicht nachgewiesen, ob sie allgemeine Giltigkeit, was allerdings wahrscheinlich ist, besitzen. Was den westlichen Theil angeht, so wissen wir, ganz abgesehen von allgemeinen Beobachtungen, eigentlich beinahe nichts über die Details der Lagerung. Ja, wir sind vorläufig noch nicht einmal im Stande mit Sicherheit zu behaupten, dass nur ein Geschiebemergel existire, der ein und denselben Horizont im Gebiete der Salt-Range einnimmt. Die Wahrscheinlichkeit ist allerdings dafür, dass dem so sei, aber die Ansicht Oldham's[1], dass in der Salt-Range vier verschiedene Boulder beds existiren, ist nicht so ohne Weiteres von der Hand zu weisen.

4. Discussion der Beweise für den glacialen Ursprung des Boulder beds.

Nachdem ich in Vorstehendem die Ablagerungen, für welche ein glacialer Ursprung angenommen wird, und ihre Lagerungsverhältnisse kurz geschildert habe, erübrigt es noch, in kurzen Worten die Beweise zu prüfen, auf welche sich die Theorie vom glacialen Ursprung des Boulder beds und der damit verbundenen Ablagerungen stützt.

Wir haben gesehen, dass in der Salt-Range ein eigenartiges Gebilde entwickelt ist, das Boulder bed, dessen petrographischer Habitus so bis ins kleinste Detail mit dem Geschiebemergel des norddeutschen Flachlandes übereinstimmt, dass Handstücke von beiden mit Leichtigkeit verwechselt werden könnten. Der Geschiebelehm Norddeutschlands wird aber allgemein als die Grundmoräne des Inlandeises angesehen, und wenn es gestattet ist, von der Gleichartigkeit der Schichten auf die gleiche Art ihrer Entstehung zu schliessen, so muss das Boulder bed der Salt-Range folgerichtig auch als die Grundmoräne eines Gletschers angesehen werden.

In beiden Gebilden, dem Norddeutschlands sowohl als dem der Salt-Range, sind geschrammte und gekritzte Geschiebe gefunden worden, deren Beschaffenheit gemeinhin auf die mechanische Action des Gletschereises zurückgeführt wird.

---

[1] Geol. Mag. Dec. III. 1886. 3. p. 494.

Es ist allerdings richtig, dass sich im Boulder bed der Salt-Range geschrammte Geschiebe von einem derartig eigenthümlichen Habitus finden, wie solche bisher weder in diluvialen noch recenten Moränen beobachtet wurden. Daneben finden sich allerdings auch Geschiebe, die ebensogut aus einer modernen Moräne stammen könnten.

Nach unseren gegenwärtigen Anschauungen können solche gekritzten Geschiebe nur vom Gletschereis hervorgebracht werden, und ihre Häufigkeit im Geschiebemergel der Salt-Range ist ein weiterer Beweis zu Gunsten seines glacialen Ursprunges. Der eigenthümliche Habitus der facettirten Geschiebe ist allerdings noch nicht erklärt, aber er kann vorläufig auch nicht als Gegenbeweis aufgefasst werden.

Der Geschiebemergel der Salt-Range hat den Untergrund aufgewühlt, Theile desselben greifen zungenartig in den Geschiebemergel ein, während sein Material sich an der Zusammensetzung desselben betheiligt, wie durch Geschiebe oder die Farbe bewiesen wird. Zahlreiche Beispiele analoger Natur kennen wir aus dem Gebiete des norddeutschen Flachlandes, und gerade derartige Erscheinungen sind bisher als eine der kräftigsten Stützen der glacialen Theorie angesehen worden. In diesem Falle muss man eben sagen, was dem Einen recht ist, ist dem Anderen billig. Was für den Geschiebelehm Norddeutschlands gilt, darf wohl auch für den Geschiebelehm der Salt-Range beansprucht werden.

Es ist allerdings richtig, der geschrammte Untergrund ist bisher noch nicht in der Salt-Range beobachtet worden, aber dem muss entgegengehalten werden, dass die weiche Beschaffenheit des oberen Theiles des Cambriums, der Bhaganwalla group, sehr wenig zur Erzeugung von Gletscherschrammen geeignet ist. Solche können nur da erwartet werden, wo der Geschiebemergel direct auf den harten Schichten der Iutana oder Khewra group auflagert. Untersuchungen sind aber bisher in dieser Hinsicht noch nicht vorgenommen worden, und wenn gegenwärtig Schrammungen des Untergrundes noch nicht in der Salt-Range bekannt sind, beweist dies noch nicht deren Fehlen.

Im peninsularen Theile Indiens sind Schrammungen des Untergrundes durch die Talchirs allerdings häufig genug be-

obachtet worden. Es genügt in dieser Hinsicht die hierauf bezüglichen Arbeiten Blanford's, Hughes' und Oldham's anzusehen. Die Möglichkeit, dass Schrammen auch in der Salt-Range aufgefunden werden, ist meiner Ansicht nach sehr gross.

Schliesslich möge noch bemerkt werden, dass die vorhandenen Schichten — Geschiebemergel, Sand, Conglomerate und Thone — in der Salt-Range genau in der gleichen Weise vergesellschaftet sind, wie im glacialen Diluvialgebiet Norddeutschlands.

Es ergiebt sich hieraus, dass, wenn wir die Gesammtheit der Eigenschaften der als Boulder bed, Olive series und Speckled Sandstone bezeichneten Schichten, aber namentlich des ersteren ins Auge fassen, ein glacialer Ursprung, wenigstens des Boulder beds, ausser aller Frage steht. Da aber Olive series und Speckled Sandstone aufs Innigste mit dem Boulder bed verknüpft sind, so ist auch eine Entstehung dieser Schichten, wenigstens unter Mitwirkung der Gletscherwasser, kaum zweifelhaft. Dass ein Theil der Olive series, d. h. die fossilienführenden Schichten, marinen Ursprunges sind, mag kaum als fraglich erscheinen. Ein Analogon hätten wir in den Thonen und Sanden mit mariner Fauna im Gebiete des norddeutschen Flachlandes.

5. Alter der glacialen Ablagerungen.

Nachdem in Vorstehendem die glacialen Ablagerungen geschildert und die Art und Weise ihrer Entstehung discutirt worden ist, erübrigt es noch, das genaue Alter derselben zu fixiren. Gerade diese Frage ist von ganz besonderem Interesse. Denn wären die hier beschriebenen Schichten diluvial, so würde die Eingangs berührte Frage der klimatischen Zonen in früheren Perioden dadurch nicht weiter gefördert werden.

Die Altersfrage können wir nach zwei Seiten hin zu lösen versuchen, einmal durch die Lagerungsverhältnisse, ausserdem aber durch die Fossilien.

In Bezug auf die Lagerungsverhältnisse wissen wir Folgendes mit Bestimmtheit. Die glacialen Schichten lagern discordant auf dem Cambrium und werden sicher discordant von eocänen Nummulitenkalken, wahrscheinlich aber von Schichten der obersten Kreide überlagert.

Wenn auch ersteres nicht viel sagt, so beweist die zweite Beobachtung, dass die Glacialablagerungen der Salt-Range zum Allermindesten voreocänen Alters sein müssen, mit grosser Wahrscheinlichkeit sogar in vorsenone Zeit gehören. Mr. Oldham's Ansicht vom cretaceischen Alter dieser Schichten ist daher durchaus nicht so unbegründet, wie Waagen sie hinstellen möchte, und wenn auch dieselbe hier nicht acceptirt wird, so war doch nach der damaligen Kenntniss von der Lagerung der glacialen Schichten Mr. Oldham vollkommen berechtigt, eine derartige Auffassung zu vertreten. Mag man sich aber der von mir gleich darzulegenden Ansicht über das Alter der glacialen Ablagerungen anschliessen oder nicht, so würde doch feststehen, dass zum Mindesten zur Zeit der oberen Kreide in der Gegend der heutigen Salt-Range ein ausgedehntes Glacialterrain existirte. Um diese Thatsache lässt sich nicht herumkommen, man mag die Beobachtungen drehen und deuten, wie man will. An eine Umkippung der diluvialen Schichten oder Überschiebung derselben durch das Eocän ist nicht zu denken. Hierfür liegen nicht die geringsten Anzeichen vor; wäre es aber doch der Fall, so läge hier eine der grossartigsten, postdiluvialen Überschiebungen vor, indem die oberste Kreide und das ganze Tertiär vom Eocän herauf bis zum jüngsten Pliocän in einer Mächtigkeit von nicht weniger als 30000 engl. Fuss über das Diluvium heraufgeschoben wurde. Ich glaube, selbst der Kühnste wird vor postdiluvialen Überschiebungen von dieser Grösse zurückschrecken.

Soweit geben uns die Lagerungsverhältnisse im östlichen Theil der Salt-Range über das Alter der glacialen Ablagerungen Aufschluss. Aus dem westlichen Theile besitzen wir dagegen viel weniger bestimmte Beobachtungen. Angeblich liegt hier der *Productus*-Kalk über dem Speckled Sandstone. Da aber andererseits die Olive group als über dem sog. Variegated sandstone (Jura) liegend aufgeführt wird, so sind die Verhältnisse durchaus nicht klar. Es scheint überhaupt sehr zweifelhaft, ob das, was als Olive group im Westen der Salt-Range bezeichnet wird, der Schicht gleichen Namens im Osten entspricht. Allein, wie dem auch sein mag, die Möglichkeit, dass der *Productus* limestone über Schichten liegt, welche in ihrem petrographischen Habitus dem Speckled Sandstone des Ostens genau gleichen, ist sehr wahrscheinlich.

Allerdings sind weitere und genauere Beobachtungen dringend geboten, um so mehr, als die *Productus*-führenden Schichten mit Sandsteinen beginnen und die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen ist, dass die untersten, sandigen Schichten der *Productus*-führenden Schichten mit dem Speckled Sandstone verwechselt wurden. Jedenfalls müssen die gegenseitigen Beziehungen beider erst genauer untersucht werden, bevor ein abschliessendes Urtheil gegeben werden kann.

Auf Warth's Beobachtung, der bei Nilawan Conularien-Knollen gefunden hat, die angeblich aus Schichten stammen, die unter dem Fusulinenkalk (*Productus* limestone) liegen, möchte ich nicht allzuviel Werth legen. Seine Beobachtungen und Angaben müssen mit grosser Vorsicht aufgefasst werden, da sie vielfach der Zuverlässigkeit ermangeln.

Wenn ich also auch die Wahrscheinlichkeit, dass die glacialen Ablagerungen im westlichen Theil der Salt-Range von Schichten überlagert werden, welche als Permo-Carbon aufgefasst werden, nicht abstreiten will, so möchte ich doch noch eine andere Möglichkeit hervorheben. Wäre es nicht denkbar, dass der *Productus* limestone und der Speckled Sandstone äquivalent seien und sich gegenseitig ersetzten? Das braucht ja nicht auszuschliessen, dass die untersten Lagen des Speckled Sandstone in der That vom *Productus* limestone überlagert würden. Immerhin aber wäre die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass die Hauptmasse des *Productus* limestone und des Speckled Sandstone homotax wären, ersteres wäre eine Bildung aus tieferem Wasser, während der Speckled Sandstone die Strandbildung repräsentirte. Von diesem Standpunkt aus ist das Problem noch nicht aufgefasst worden, es würde aber eine Erklärung für das merkwürdige Fehlen der *Productus*-Kalke im Osten der Salt-Range geben, eine Thatsache, für welche es bisher an einer befriedigenden Erklärung gefehlt hat.

Auf alle Fälle wäre dann das Boulder bed oder der Geschiebemergel älter als die *Productus*-Kalke, denen ein permocarbonisches Alter zugeschrieben wird. Weiter können wir vorläufig auf Grund der Lagerungsverhältnisse in der Altersbestimmung nicht gehen. Würde sich meine soeben geäusserte Ansicht über die Beziehungen des *Productus* limestone und des Speckled Sandstone bestätigen, so würden wir die Grundmoräne

(das Boulder bed) in den Anfang der genannten Periode zu versetzen haben, während der Speckled Sandstone und vielleicht auch die Olive group im Alter dem *Productus* limestone gleichständen.

Es käme dann nur darauf an, wie man sich zur Frage des Permo-Carbon stellt. Falls man eine derartige Epoche nicht zugeben will, sondern die Fauna der *Productus*-Kalke als permisch auffasst, ein Standpunkt, auf den ich mich stelle, so würde das Alter der glacialen Ablagerungen als unterpermisch aufzufassen sein. Im ersteren Falle jedoch hätte man sie als Carbon aufzufassen, ein Standpunkt, den Waagen einnimmt.

Die Fossilien geben uns, vorläufig wenigstens, viel weniger bestimmte Antwort auf die Altersfrage. Die Conularien beweisen, dass die Schichten palaeozoischen Alters sind, das steht fest; weniger bestimmt möchte ich mich, wie bereits bemerkt, in Bezug auf die Bivalven äussern. Waagen glaubt zwar, dieselben mit Formen aus dem Carbon Australiens identificiren zu können, allein, wie ich bereits bemerkt habe, ist die Erhaltung dieser Steinkerne nicht derart, um so weitgreifende Schlüsse darauf basiren zu können. Die Abbildungen der australischen Fossilien[1] sind ebenfalls so indifferent, dass ich vorgezogen haben würde, einen weniger positiven Schluss zu ziehen. Immerhin genügen diese dürftigen Daten, um den Nachweis zu führen, dass die glacialen Schichten nicht jünger als palaeozoisch sein können.

Wir sehen hieraus, dass wir auf zwei Wegen, unabhängig von einander, zu dem Resultat gelangen, dass die glacialen Ablagerungen der Salt-Range jedenfalls der palaeozoischen Aera angehören. Ja, wir sind sogar in der Lage, ihre Stellung darin mit ziemlicher Sicherheit fixiren zu können. Cambrium, Silur und Devon fallen ohne weiteres aus, nur Carbon und Perm kommen in Frage, und die Entscheidung fällt mit der Auffassung der Fauna der *Productus*-Kalke zusammen. Waagen setzt demgemäss die glacialen Ablagerungen ins Carbon, während ich glaube, dass dieselben unterpermisch sind.

Diese Auffassung, d. h. die Existenz einer glacialen Zeit während der permischen Epochen, ist durchaus nichts Neues. Bereits im Jahre 1855 hat Ramsay[2] den Nachweis geführt, dass gewisse permische Breccien in Shropshire, Worcester-

[1] United States Exploring Exped. 10. Geology. 700 ff.

[2] Quart. Journ. Geol. Soc. of London. 1855. 11. 185.

shire etc. als glaciale Ablagerungen aufzufassen sind. Später hat MARCOU[1] ebenfalls die Ansicht von einer permischen Kälteperiode vertreten, und nach ihm hat WAAGEN[2] die bis dahin bekannten Mittheilungen über die Anzeichen einer glacialen Epoche während der Carbonzeit zusammengestellt. Wenn ich auch WAAGEN's Auffassung nicht in allen Punkten beistimmen konnte, da sich viele der geologischen Beweisgründe bezüglich der Glacialepoche in der Salt-Range, auf die WAAGEN sich stützt, im Lichte neuerer Untersuchungen als nicht zutreffend erwiesen haben, so stimme ich doch bezüglich des Vorhandenseins einer glacialen Epoche zu Ende der palaeozoischen Zeit mit ihm überein. Wir weichen nur insofern in unseren Ansichten ab, dass WAAGEN die Glacialepoche der Salt-Range in die ältere carbone[3] Zeit verlegt, während ich sie in die jüngere versetze.

Von der Auffassung BLANFORD's, der die Talchirs als permisch erklärt, ist bereits gesprochen worden.

In jüngster Zeit hat mein College OLDHAM[4] in einer geistvollen Arbeit einen genaueren Vergleich zwischen den glacialen permischen Breccien Englands und den analogen Schichten Indiens gezogen. OLDHAM kommt zu dem Schlusse, dass letztere den permischen Schichten Englands als äquivalent zu betrachten seien.

Dass für gewisse Schichten in Südafrika, die Ecca-Conglomerate, ein glacialer Ursprung angenommen wird, hat bereits SUTHERLAND im Jahre 1870[5] nachgewiesen, der entschieden für ein permisches Alter der gedachten Schichten eintritt. Nach ihm haben sich noch verschiedene Forscher mit dieser Frage beschäftigt, wie GRIESBACH und andere.

In Australien ist die Frage der glacialen Epoche im Carbon seit dem Jahre 1870 discutirt worden. Soweit mir bekannt, war es DAVID[6], der sich zuerst definitiv dahin aussprach, dass im jüngeren Palaeozoicum zwei Eisperioden nach-

---

[1] Lettres sur les couches du Jura. p. 335.

[2] Carbone Eiszeit. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1887. **37**. 143 ff.

[3] Im Sinne WAAGEN's, der das Perm als Unterabtheilung zum Carbon ziehen will, l. c. p. 192.

[4] A comparison of the Permian Breccias of the Midlands with the Upper Carboniferous Glacial Deposits of India and Australia. Quart. Journ. Geol. Soc. of London. 1894. **50**. 463 ff.

[5] Quart. Journ. Geol. Soc. of London. 1870. **26**. 514.

[6] Quart. Journ. Geol. Soc. of London. 1887. **43**. 190.

zuweisen sind, wovon die jüngere jedenfalls permischen Alters ist. Mein College Oldham hat eine Parallele zwischen den betreffenden Schichten Australiens und den Talchirs in Indien gezogen[1] und deren Übereinstimmung in scharfsinniger Weise dargethan. Wenn auch die Details hier zu weit führen würden, so genügt es für unsere Zwecke, dass in Australien eine Eiszeit während der permischen Epoche angenommen wird.

Schliesslich möchte ich noch auf die jüngste Arbeit Kalkowsky's[2] hinweisen, der, wenn ich seine Ansichten richtig interpretire, ebenfalls für ein glaciales Alter gewisser permischer Schichten eintritt.

Aus den vorhergehenden Bemerkungen ist ersichtlich, dass die Ansicht einer permischen Eiszeit nicht so kurzweg von der Hand zu weisen ist. Ohne mir ein Urtheil über die Ansichten anderer Autoren in dieser Hinsicht erlauben zu wollen, möchte ich mich dahin ausdrücken, dass auf Grundlage unserer heutigen Ansichten über Gletscherwirkung es ganz unzweifelhaft feststeht, dass wenigstens in Indien, besonders aber in der Salt-Range, zu Anfang der permischen Zeit eine glaciale Epoche herrschte. Es wäre interessant, den Nachweis zu führen, dass vielleicht das massenhafte Auftreten der Producten mit einer kühleren Temperatur des Meereswassers zusammenhängt.

Auf alle Fälle wäre es wünschenswerth, dass die deutschen Geologen sich dieser Frage weniger ablehnend gegenüberstellten und die Schichten des Rothliegenden einmal genauer daraufhin ansehen würden, ob sich nicht auch in ihnen Spuren der permischen Glacialzeit finden, die nach dem zu schliessen, was wir gegenwärtig wissen, einen bedeutenden Theil des Erdballs betroffen hat.

---

[1] Records Geol. Surv. India. 1886. **19**. 39.

[2] Zeitschr. d. Deutsch. Geolog. Gesellsch. **45**. 69 ff.

Erklärung der Taf. V.

Geschrammte Geschiebe aus dem permischen Boulder Bed von Khussak in der Salt Range, Panjab, Indien.

Fig. 1—1 b. Geschiebe aus blaugrauem Porphyr mit 8 Facetten; gequetscht und wieder verkittet.

Fig. 2—2 b. Geschiebe aus rothem Porphyr mit drei Facetten.

Die eingezeichneten Linien geben die Schrammungsrichtung in schematischer Weise wieder.

Verhalten der Mineralien zu den RÖNTGEN'schen X-Strahlen.

Von

C. Doelter in Graz.

Mit Taf. VI.

Der grosse Unterschied, welchen einzelne Mineralien gegenüber den RÖNTGEN'schen X-Strahlen zeigen, veranlasste mich, eine grössere Anzahl zu untersuchen, um etwaige Beziehungen ihres Verhaltens zur Dichte und chemischen Zusammensetzung zu eruiren. Dabei ergab sich, dass in manchen Fällen, insbesondere bei der Unterscheidung der Edelsteine die Untersuchung mit den RÖNTGEN'schen Strahlen sogar einen diagnostischen Werth haben kann. Unsere Untersuchungsmethoden der Edelsteine, für welche ich als von besonderer Wichtigkeit wohl in erster Linie das specifische Gewicht, erst dann Härte, optische Eigenschaften bezeichnen möchte, setzen wohl das Vorhandensein von nicht gefassten Edelsteinen voraus; bei gefassten sind sie trotz vielfacher Vervollkommnungen noch sehr mangelhaft. Gerade hier scheint die neue Untersuchungsmethode von Wichtigkeit, und da die zuerst von mir ausgesprochene Ansicht, dass man auf diese Weise echte und imitirte Diamanten unterscheiden könne, von Erfolg begleitet war, so habe ich weitere Untersuchungen in dieser Hinsicht angestellt.

Zunächst war jedoch für eine grössere Zahl von Mineralien der Grad der Durchlässigkeit festzustellen, und wählte ich hiezu Mineralien aus allen Classen des Mineralsystems, natür-

lich unter Berücksichtigung der wichtigeren. Ich setze voraus, dass der Leser bezüglich der X-Strahlen und ihrer photographischen Wirkung orientirt ist und verweise diesbezüglich auf die Arbeit[1] von Röntgen.

I. Untersuchung auf Durchlässigkeit.

Methode der Versuche. Eine directe Beobachtung vermittelst des Fluorescenzschirmes[2] führt hier nicht zum Ziele, denn die Unterschiede treten nicht so deutlich hervor und die Beobachtungsart wäre auch zu subjectiv. Es wurden daher eine Anzahl gleich dicker Mineralien zusammen photographirt und dann auf der Platte verglichen.

Es wurden theils Krystallplatten, theils Krystallkeile gewählt, da die Durchlässigkeit bei verschiedener Dicke wechselt. Die Dicke der Platten betrug 1,5 mm, jedoch wurden bei einzelnen Mineralien auch Platten von verschiedener Dicke (zwischen 1—17 mm) untersucht. Bei stark durchlässigen müssen eben auch dicke Platten, bei undurchlässigen sehr dünne untersucht werden. Geringere Unterschiede der Mineralien liessen sich oft auch in dickeren Schliffen von Gesteinen wahrnehmen, z. Th. auch in Dünnschliffen, obgleich in sehr dünnen Schliffen die meisten Körper so durchlässig werden, dass die Unterschiede fast ganz schwinden. Am besten erwiesen sich Schliffe von circa $\frac{1}{2}$ mm Dicke; für Silicate, welche keine sehr bedeutenden Unterschiede in der Durchlässigkeit zeigen, sind derartige Schliffe ausgezeichnet, und ergaben sich feinere Unterschiede erst bei der Untersuchung solcher, auch ist bei derartigen Gesteinsschliffen der Einfluss der später zu besprechenden Fehlerquellen minimal.

So zeigten Platten von Eklogit sehr deutlich die verschiedene Durchlässigkeit von Granat, Augit und Quarz. Ein Glimmerschieferschliff lässt den durchlässigeren Quarz von Glimmer leicht unterscheiden. Ein Granitschliff liess die Unterschiede von Biotit, Feldspath, Quarz hervortreten. Ein mit chloritischer Substanz (Kelyphit) überrindeter Granat zeigte deutlich die verschiedene Durchlässigkeit der Granatsubstanz und der Rinde, bei einer Dicke des Schliffes von $\frac{1}{2}$—2 mm.

[1] Eine neue Art von Strahlen. Würzburg 1896.

[2] s. Röntgen l. c. p. 4.

Fehlerquellen. Als Fehlerquellen sind zu verzeichnen: 1. Verschiedene Dicke der Mineralplatten. Dieser Fehler lässt sich, namentlich wenn an demselben Mineral mit verschiedenen dicken Platten operirt wird, beheben. 2. Verschiedene Beschaffenheit der photographischen Platten. Um diesen eventuell sehr störenden Fehler zu vermeiden, muss man eine Anzahl Mineralien bei jedem Versuche wieder mitphotographiren, um einen genauen Vergleich zu ermöglichen, sehr zweckmässig erwies sich die von Dr. O. Zoth verwendete Stanniolscala[1], weil sie etwaige Fehler aufdeckt. Bei Anwendung von Gesteinsschliffen ist diese Fehlerquelle übrigens weit weniger von Einfluss. Noch störender als genannter Fehler ist jedoch die auch vorkommende Ungleichheit photographischer Platten in ihren verschiedenen Theilen. Die Anwendung von Bleiringen und Bleistäben lässt jedoch derartige Fehler der Platten erkennen. 3. Verschiedenheit in der Einwirkung der Fluorescenzbirnen. Selbst wenn die Dauer der Einwirkung dieselbe bleibt, so kann durch allmähliche Veränderung in der Intensität des Lichtes eine Fehlerquelle entstehen. Diese wird nur durch das Photographiren der Stanniolscala, durch Verwendung der Bleiringe und durch dies wiederholte Mitphotographiren einiger als Norm dienenden Mineralien erkannt werden können. Das wiederholte Photographiren bei jedem Versuche einiger als Scala dienender Mineralplatten ist auch nothwendig, um die Durchlässigkeit verschiedener Mineralplatten überhaupt beurtheilen zu können. Die Durchlässigkeitsunterschiede können richtig nur auf der Platte selbst, nicht aber auf Abzügen beurtheilt werden.

Selbstverständlich ist trotz aller Vorsicht die Methode keine ganz präcise, denn Unterschiede in der Einwirkung des Lichtes und Mängel der photographischen Platten können genügend Fehlerquellen erzeugen, und so dürfte auch die hier gegebene Anordnung nach der Durchlässigkeit nur eine provisorische sein.

Resultate der Versuche bei verschiedenen Mineralien.

Als Resultate der Versuche ergeben sich auf den Negativ-Platten vermittelst der Röntgen-Strahlen Abbildungen der angewandten Mineralien, welche je nach Durchlässigkeit stark

[1] Bestehend aus 10 oder 20 übereinander gelegten Stanniolstreifen.

hell oder im entgegengesetzten Falle dunkel erscheinen (auf dem Abzuge ergiebt sich bezüglich Helligkeit und Dunkelheit natürlich das Gegentheil). Einige Mineralien erwiesen sich auch in dickeren Schichten noch als durchlässig und geben auf der photographischen Platte einen kaum merklichen Unterschied (auf dem Abzuge nur einen schwachen Schatten), während andere auch in dünnsten Schichten auf der Platte noch licht erscheinen. Zwischen diesen Extremen ergeben sich verschiedene Grade von Durchlässigkeit, Halbdurchlässigkeit, Halbundurchlässigkeit, Undurchlässigkeit. Als Norm habe ich acht verschiedene Grade der Durchlässigkeit aufgestellt, indem ich eine aus Mineralien bestehende Scala anwende:

1. Diamant	5. Steinsalz
2. Korund	6. Kalkspath
3. Talk	7. Cerussit
4. Quarz	8. Realgar

Verglichen mit einer aus 10 Stanniolstreifen bestehenden Scala, wobei No. 1 aus einem 0,02 mm dicken Stanniolstreifen, No. 10 aus 10 solchen übereinander gelegten besteht, ergiebt sich ungefähr folgender Vergleich: Diamant[1] ist durchlässiger als Stanniol 1, erst bei 5 mm Dicke erreicht er ungefähr diesen. Cerussit und Realgar sind auch in dünnen Schichten undurchlässiger als No. 10 der Stanniolscala, No. 8, letzterer entspricht ungefähr dem Kalkspath, No. 5 dem Steinsalze, No. 3 dem Quarz, No. 2 dem Korund. Auf diese Weise lässt sich für die übrigen Mineralien ein Maassstab erzielen. Wendet man 200 aufeinandergelegte Stanniolblätter an, so zeigen sie ungefähr die Durchlässigkeit des Realgars, welche mit der des Bleies übereinstimmt. Demnach lassen sich bei den oben genannten Mineralien feststellen, dass Realgar mindestens 600 mal undurchlässiger ist wie Diamant, 70 mal undurchlässiger wie Korund und 27 mal wie Kalkspath, wobei aber nicht ausgeschlossen ist, dass die Unterschiede weit grösser sind, insbesondere zwischen Diamant und Korund, denn bei letzterem erwiesen sich Stücke von 15 mm Dicke bereits als wenig durchlässig, während Diamanten in dieser Dicke gegenüber solchen von 2 mm Dicke fast gar keinen Unter-

[1] Wobei für die Dicke der Mineralplatten 1,5 mm benützt wurde.

schied zeigen. Es lassen sich daher nur approximative Zahlen aufstellen.

Ich will nun die Resultate der Versuche an einzelnen Mineralien besprechen.

Elemente.

Diamant, Graphit, Anthracit sind sehr durchlässig, und zwar gleichmässig, auch in dicken Schichten. Stark gefärbte Diamanten zeigen einen oft fühlbaren, wenn auch geringen Unterschied gegen farblose (weisse); so war auf der Photographie ein grüngelber Diamant etwas dunkler als ein weisser; auch bei blau, grün, roth gefärbten scheint ein kleiner Unterschied vorhanden zu sein.

Es dürfte dies auf die Natur des Färbemittels zurückzuführen sein, welches ich, wie durch andere Versuche bewiesen werden soll, auf Metalloxyde, welche als intermoleculäre Pigmente vorhanden sind, zurückführe. Es dürften nämlich, wie aus meinen bisher unveröffentlichten Beobachtungen hervorgeht, die Färbungen des Diamantes nicht, wie früher angenommen, durch ein aus Kohlenwasserstoffen herrührendes Färbemittel, sondern wie bei Rubin, Spinell durch Metalloxyde (wobei insbesondere die Oxyde des Eisens, Chroms, des Mangans und des Titans in Betracht kommen) hervorgebracht werden. Die dünnen Schichten dieser undurchlässigen Oxyde bringen nun den einen, wenn auch nur geringen Unterschied in Bezug auf die Durchlässigkeit zu Wege. Jedenfalls zeigt sich der Diamant auch hier als eines der bevorzugtesten Mineralien.

Schwefel zeigte sich auch in dünnen Schichten nicht durchlässig, und gehört in die vorletzte Gruppe.

Schwefelverbindungen.

Sulfide sind im Allgemeinen undurchlässig, und konnte ich an den untersuchten Mineralien keine Ausnahme finden, doch ist der Grad der Undurchlässigkeit nicht ganz gleich; so ist ein in den dünnsten Schichten vollkommen undurchsichtiger Körper Realgar (AsS), trotz seiner verhältnissmässig geringen Dichte, analog ist Auripigment.

Markasit und Pyrit sind sonst mehr durchlässig als

die genannten. Magnetkies ist in dünnen Schichten sogar durchlässig, in dickeren jedoch nicht.

Zinkblende ist weit mehr durchlässig als alle übrigen untersuchten Sulfide.

Zinnober ist zwar stark undurchlässig, aber an den Kanten eines Krystalles liess sich doch eine Spur von Durchlässigkeit wahrnehmen.

Oxyde.

Diese Mineralien verhalten sich sehr verschieden, indem in dieser Classe sowohl durchlässige als ganz undurchlässige vorkommen.

Eisenglanz ist nicht ganz undurchlässig und steht dem Kalkspath nahe (No. 6 meiner Scala).

Korund ist sogar in dickeren Exemplaren ziemlich durchlässig, ein Unterschied zwischen Saphir und Rubin konnte nicht mit Sicherheit constatirt werden.

Quarz ist weit weniger durchlässig als Korund, aber mehr wie Kalkspath, Feldspath.

Opal ist weit mehr durchlässig und steht mit Talk ungefähr auf einer Stufe.

Rutil und Brookit sind weit undurchlässiger wie Quarz, letzterer etwas mehr durchlässig als ersterer, sie stehen mit Almandin und Beryll in einer Gruppe und sind also durchlässiger als No. 7 der Scala.

Borsäure ist vollkommen durchlässig, fast noch mehr wie Diamant.

Arsenige und antimonige Säure (Arsenit und Antimonit) sind auch in dünnen Schichten ganz undurchlässig. Braunit (Mn_2O_3) ist sehr undurchlässig (wie No. 7 der Scala), Zirkon (Hyacinth) ist ganz undurchlässig (circa No. 7).

Borate, Aluminate.

Borax ist ziemlich durchlässig, ungefähr wie Korund, also weit weniger wie Borsäure.

Spinell ist ziemlich undurchlässig und dürfte ungefähr zwischen Quarz und Steinsalz stehen.

Chrysoberyll ist ziemlich durchlässig, er steht zwischen Talk und Quarz (No. 3 und 4 der Mineralienscala).

Carbonate.

Undurchlässig sind Calcit und Aragonit, letzterer etwas weniger als ersterer.

Cerussit ist ebenfalls sehr undurchlässig, und zwar weit mehr als jene Carbonate (No. 7 der Mineralienscala).

Silicate.

Die meisten Silicate sind mehr oder minder undurchlässig, doch wurden mehrere Ausnahmen constatirt.

Als verhältnissmässig ziemlich durchlässig (aber weniger als Korund) erwiesen sich Meerschaum, Kaolin, Asbest und Talk.

Unter den Zeolithen erwies sich Analcim in dünnen Schichten (circa 1 mm) als durchlässig, in dickeren (3 mm) jedoch nicht mehr. Leucit ist dagegen wenig durchlässig, weniger als Topas und Adular (ungefähr No. 5 entsprechend).

Turmalin (braun) ist wenig durchlässig, wenn auch durchlässiger als Melanit und Beryll.

Die Granate sind undurchlässig, nur der Hessonit zeigt eine kleine Ausnahme, da er etwas durchlässig, etwas mehr wie Turmalin ist. Dagegen sind Melanit und Almandin nicht durchlässig.

Disthen, Andalusit (Al_2SiO_5) sind ziemlich durchlässig.

Topas ist weit weniger durchlässig als der isomorphe Andalusit.

Weit mehr undurchlässig sind Kaliglimmer (ausser in ganz dünnen Schichten), Beryll, Smaragd, Granat, Epidot.

Letzteres Mineral ist ebenso undurchlässig als Rutil. Der Unterschied der Durchlässigkeit lässt sich namentlich in Gesteinsdünnschliffen constatiren. Hiebei ergab sich nun, dass Granat mehr undurchlässig als Glimmer und beide hierin gegen Amphibol und Augit einen grossen Unterschied zeigten. Eisenreicher Magnesiaglimmer ist jedoch unter den Silicaten eines der am wenigsten durchlässigen, allerdings immer noch mehr als Almandin und Epidot.

Epidot ist wohl von allen Silicaten dasjenige, welches die geringste Durchlässigkeit zeigte, er entspricht ungefähr No. 7.

Was die Glimmer anbelangt, so zeigen sie unter sich ziemlich beträchtliche Unterschiede, Kaliglimmer ist in Schich-

ten von $\frac{1}{2}$ mm durchlässig, in solchen von $1\frac{1}{2}$ mm ziemlich durchlässig.

Als den untersuchten Kaliglimmern (Sibirien, Schüttenhofen) zunächst stehend, erwies sich ein sonst für gewöhnliches Licht ziemlich undurchsichtiger Biotit (von S. Thiago, Capverden), während Phlogopit von Ceylon sich undurchlässiger erwies, noch weniger durchlässig war ein Biotitkrystall von Malomerčic (Mähren). Ein sehr eisenreicher schwarzer Biotit aus einem Granitgneiss (Steyermark) war fast undurchlässig. Bei den Glimmern scheinen daher sehr grosse Verschiedenheiten zu herrschen.

Die Augite und Hornblenden sind je nach der Zusammensetzung mehr oder minder durchlässig. Eisenfreier Asbest ist sehr durchlässig. Enstatit und Anthophyllit noch ziemlich durchlässig. Eisenreiche Hornblenden und Augite sind dagegen weit undurchlässiger und stehen dem Kalkspath nahe.

Die Feldspäthe kann ich ungefähr mit Quarz parallelisiren, doch sind nicht alle gleich durchlässig, am meisten ist dies der Labrador und der Albit, dann folgen Mikroklin, Anorthit und Adular, sehr gross sind die Unterschiede jedoch nicht, nur Albit und Adular differiren schon merklich.

Phosphate. Sulfate. Nitrate.

Der Türkis ist nicht ganz undurchlässig, er dürfte mit Turmalin zu vergleichen sein.

Apatit ist undurchlässiger als Kalkspath.

Gyps und Kalkspath stehen einander nahe, aber letzterer ist noch undurchlässiger. Alaun ist durchlässiger als beide.

Kali-Salpeter steht dem Steinsalze an Durchlässigkeit nahe.

Haloide.

Steinsalz ist nur wenig durchlässig; Flussspath weit weniger; dagegen ist Kryolith ziemlich durchlässig, mehr wie Opal, trotz seiner höheren Dichte.

Harze.

Einer der durchlässigsten Körper ist Bernstein, selbst noch in einer Dicke von 10 mm war er vollkommen durchlässig.

Tabellarische Uebersicht der Mineralien, nach der Durchlässigkeit geordnet.

Im Nachfolgenden wurde versucht, die untersuchten 65 Mineralien nach dem Grade der Durchlässigkeit zu ordnen. Da die Art der Versuche eine absolute Genauigkeit nicht zulässt, so sind die Grade der Durchlässigkeit nicht vollkommen sicher, insbesondere bei den undurchlässigen ist die Anordnung keine leichte, dagegen dürfte bei den durchsichtigeren die Reihenfolge ziemlich richtig sein. Es ergiebt sich eine Anordnung in 8 Classen, bei denen die Unterschiede verhältnissmässig gering sind, dagegen sind die Durchlässigkeitsunterschiede der einzelnen Gruppen meist sehr grosse, oft sogar beträchtliche, insbesondere zwischen den 4 ersten, während sie bei den letzteren geringer und hier also schwieriger festzustellen sind.

Die zwei ersten Gruppen können als durchlässige, die erste als vollkommen durchlässig bezeichnet werden, während die zwei weiteren als noch durchlässig, die letztere als vollkommen undurchlässig, die Gruppen 6 und 7 als undurchlässig bezeichnet werden können. Die Versuche ergeben sehr leicht eine Unterscheidung der Gruppen 1, 2, 3 von den übrigen und untereinander, ebenso ist Gruppe 4 noch leicht unterscheidbar, während die Unterschiede der zwei vorletzten untereinander verhältnissmässig geringere sind.

In der ersten Gruppe sind die Unterschiede äusserst geringe, nur die Borsäure ist in dünnen Schichten vollkommen durchlässig, vielleicht noch mehr wie Diamant.

In der zweiten Gruppe existiren bereits merkbare Unterschiede, namentlich zwischen den drei ersten und den übrigen.

Zwischen der ersten und zweiten Gruppe ist jedoch der Unterschied in der Durchlässigkeit unabhängig von der Dicke; sehr grosse, dünne Krystalle von Borax sind weit weniger durchlässig als dicke Diamanten.

Die Mineralien der dritten Gruppe zeigen untereinander wenig Unterschiede, höchstens zwischen den zwei ersten und den zwei letzten sind sie deutlicher.

Der Unterschied zwischen den Gruppen 3 und 4 ist jedoch ziemlich merklich, namentlich zwischen Andalusit und Topas existirt ein beträchtlicher Unterschied. Aber auch

Name	Dichte
Gruppe I.	
Vollkommen durchlässige:	
Borsäure	1,5
Bernstein	1,1
Jais (Gagat)	1,2
Graphit	2,9
Diamant	3,5
Gruppe II.	
Stark durchlässige:	
Borax	1,8
Korund	4,1
Meerschaum	1,1
Kaolin	2,2
Asbest	2,9
Kryolith	2,95
Gruppe III.	
Durchlässige:	
Talk	2,8
Opal	2,2
Andalusit	3,1
Disthen	3
Analcim	2,2
Chrysoberyll	3,8
Gruppe IV.	
Halbdurchlässige:	
Albit	2,5
Quarz	2,6
Enstatit, Anthophyllit	3,25
Labrador	2,7
Anorthit	2,75
Adular	2,6
Topas	3,5
Gruppe V.	
Wenig durchlässige:	
Leucit	2,5
Kali-Glimmer (Muscovit)	3
Hornblende	3,1
Phlogopit	2,5
Spinell	3,5
Steinsalz	2,1
Hessonit	3,7
Magnesiaglimmer (Biotit)	3,3
Kali-Salpeter	1,9
Flussspath	2,6
Gruppe VI.	
Fast undurchlässige:	
Gyps	2,2
Türkis	2,7
Turmalin	3,5
Eisenreicher Biotit	3,4
Eisen, Thonerde-Augit	3,3
Kalkspath	2,7
Aragonit	2,9
Apatit	3,2
Zinkblende	4,1
Magnetkies	4,5
Gruppe VII.	
Undurchlässige:	
Brookit	3,9
Melanit	3,8
Almandin	4
Beryll	2,6
Eisenglanz	5,2
Epidot	3,3
Rutil	4
Magneteisen	5
Markasit	5,3
Schwefel	2
Pyrit	5
Cerussit	4,5
Hyazinth	4,6
Zinnober	8
Gruppe VIII.	
Ganz undurchlässige:	
Baryt	4,2
Braunit	4,7
Senarmontit	5,1
Arsenit	3,7
Auripigment	3,4
Realgar	3,3

zwischen Quarz und Glimmer, zwischen Mikroklin und Leucit, zwischen Glimmer und Albit existiren deutliche Unterschiede.

Die Mineralien der fünften Gruppe sind von denen der vierten deutlich zu unterscheiden, aber untereinander sind die Unterschiede keine so grossen.

Zwischen den Mineralien der sechsten Gruppe existiren ebenfalls Unterschiede, die bei verschiedener Dicke deutlich hervortreten, aber bei gleichen Platten immerhin nicht immer leicht zu erfassen sind; die ersten und die letzten Glieder zeigen aber hinreichende Unterschiede.

Die fast undurchlässigen Mineralien der siebenten Gruppe zeigen untereinander geringe Unterschiede, zwischen den letzten und ersten Gliedern dieser ist aber ein merklicher Unterschied.

Jedenfalls zeigen Epidot und Cerussit noch genügende Unterschiede, ebenso Magnetkies und Zinnober. Dagegen ist bei den Mineralien der letzten Gruppe ein Unterschied nicht mehr wahrnehmbar, da sie auch in sehr dünnen Schichten undurchlässig erscheinen.

Beziehungen der Durchlässigkeit zu der Dichte.

Röntgen hatte in seiner bahnbrechenden Arbeit ein Wachsen der Undurchlässigkeit mit dem specifischen Gewichte constatirt, obgleich auch er Abweichungen für wahrscheinlich hält.

Nach meinen Untersuchungen, bei welchen über 65 Mineralarten geprüft wurden, ist der Zusammenhang zwischen den genannten Factoren nur ein loser. Wie sich aus der Tabelle ergiebt, zeigen allerdings manche leichte Mineralien starke Durchlässigkeit, aber andere von demselben specifischen Gewichte zeigen gar keine Durchlässigkeit. Z. B. von Kaolin und Schwefel (Dichte 1,1 und 2) ist der letztere ganz undurchlässig, der erstere ziemlich durchlässig; von Talk (Dichte 2,8) und Realgar (Dichte 3,2) ist der erstere ziemlich durchlässig, letzterer absolut undurchlässig; ebenso haben wir Korund und Baryt (Dichte 4,1 und 4,3), welche die allergrössten Unterschiede zeigen. Andalusit und Epidot (3,1 und 3,3), Chrysoberyll und Almandin zeigen grosse Unterschiede, ferner Hämatit (4,5) und Braunit (4,7). Man vergleiche auch

Kryolith (2,95) mit Kalkspath und Beryll (2,6), Salpeter und Borax. Nur bei Mineralien, deren specifisches Gewicht 5 überschreitet, scheint überhaupt Undurchlässigkeit einzutreten, sonst lässt sich aber eine Abhängigkeit von der Dichte nicht erkennen.

Beziehungen zwischen Durchlässigkeit und chemischer Zusammensetzung.

Eine solche Relation existirt im Allgemeinen nicht, wir haben durchlässige und undurchlässige Elemente, Oxyde [Al_2O_3, SiO_2, $ZrO_2 . SiO_2$, Fe_2O_3, $B(OH)_3$], die Silicate sind von sehr verschiedener Durchlässigkeit, sogar die zumeist undurchlässigen Sulfide zeigen Unterschiede, ebenso allerdings weniger die Carbonate, Sulfate. Eher lassen sich Beziehungen zwischen Durchlässigkeit und dem Eintritt von gewissen Metallen in die Verbindung finden. Eisenhaltige Mineralien sind zumeist mehr oder minder undurchlässig; eine Änderung in der Durchlässigkeit lässt sich in Silicaten beim Eintritt von Eisen wahrnehmen. Bekanntlich ist bei vielen derselben der Eintritt von Eisenoxyd oder Oxydul in die Verbindung mit Änderungen der optischen Eigenschaften (Farbe, Brechungsquotient, Axenwinkel, Auslöschung) verbunden, so bei den Glimmern, Pyroxenen, Amphibolen. Ähnliches ist der Fall bezüglich der Durchlässigkeit der X-Strahlen. Eisenfreie Glimmer sind durchlässiger wie eisenführende, eisenfreier Asbest ist durchlässig, eisenhaltige Hornblende nur wenig. Eisenreiche Granaten sind undurchlässiger wie eisenfreie (Melanit verglichen mit Hessonit).

Indessen wäre es unrichtig anzunehmen, dass eisenhaltige Silicate im Allgemeinen undurchlässiger sind wie eisenfreie, z. B. gehört der eisenfreie Beryll ebenfalls zu den undurchlässigen ebenso wie der nur wenig Eisenoxyd enthaltende Epidot.

Bei den Sulfiden sind es nicht die schwersten, welche am meisten undurchlässig sind. Arsen scheint einen höheren Grad der Undurchlässigkeit zu erzeugen als Eisen oder Zink.

Der Ersatz von K, Na durch Ca, Mg scheint nicht in allen Salzen eine Erhöhung der Undurchlässigkeit zu erzeugen; Leucit ist undurchlässiger als Asbest, Enstatit.

Phosphate scheinen wenig durchlässig zu sein, dagegen scheinen Bor und Aluminium die Durchlässigkeit zu verstärken; Beispiele: Borsäure, Borax, Korund, Kryolith, Disthen, Andalusit. Vielleicht werden sich bei erweiterten Untersuchungen Gesetzmässigkeiten noch ergeben.

Beziehungen zum Moleculargewicht und Molecularvolumen.

Bei den Elementen scheint bezüglich der Moleculargewichte möglicherweise eine Beziehung zu existiren, wie das Verhalten des Diamanten andeutet.

Bei Verbindungen ergeben sich keine Beziehungen, z. B. Quarz (M.-G. 60) ist weniger durchsichtig als Korund (M.-G. 102) und dieser weit mehr als Flussspath (M.-G. 78). Da jedoch bei den Mineralien das Moleculargewicht unbekannt ist, so lässt sich etwas Bestimmtes auch nicht angeben.

Der Vergleich der dimorphen Mineralien, welche doch in den meisten Fällen als polymer anzusehen sind, zeigt jedoch geringen Unterschied in der Durchlässigkeit, so dass eine Beziehung zum Moleculargewichte nicht wahrscheinlich ist.

Eine Beziehung zum Molecularvolumen liess sich ebensowenig herausfinden. Diamant hat allerdings ein sehr kleines Molecularvolumen (circa 3,4), Korund und Fluorit aber untereinander ein annähernd gleiches (25 und 26), welches von dem des Quarzes nur wenig abweicht (23), während Realgar auch nur 31,5 aufweist und Zinnober 28,4 ergiebt.

Dimorphe Mineralien.

Diese zeigen untereinander theilweise nicht unmerkliche Unterschiede, die aber nie sehr bedeutend sind. Am deutlichsten sind sie bei Aragonit, Calcit, von welchen der letztere weit undurchlässiger ist; ebenso zeigen Rutil und Brookit Unterschiede, indem ersterer weniger durchlässig ist. Der Unterschied zwischen Andalusit und Disthen (ersterer etwas durchlässiger) ist unmerklich, ebenso ist der zwischen Mikroklin und Adular nicht gross (letzterer scheint etwas durchlässiger). Zwischen Anthophyllit und Enstatit erscheint fast kein Unterschied, zwischen Markasit und Pyrit ist er etwas grösser, da letzteres Mineral undurchlässiger ist. In keinem Falle ist der Unterschied bedeutend.

Untersuchung von Krystallen in verschiedenen Richtungen.

Es wäre sowohl für die Natur der X-Strahlen von theoretischer Bedeutung als auch wegen der Übereinstimmung der physikalischen Eigenschaften der Krystalle sehr wichtig, wenn nachgewiesen werden könnte, dass Krystalle in verschiedenen Richtungen sich verschieden verhalten. Die in dieser Hinsicht ausgeführten Versuche sind aber, weil solche Differenzen jedenfalls nur in geringem Maasse zu constatiren sind, mit Schwierigkeiten verknüpft.

Zu obigem Zwecke wurden gleich dicke Platten in verschiedenen Richtungen geschnitten, neben einander gelegt, oder es wurden würfelförmig geschnittene Krystalle zuerst in einer und dann in anderer Richtung photographirt.

Zur Untersuchung gelangten: 1. Einaxige Krystalle, senkrecht und parallel der Hauptaxe untersucht: Apatit, Turmalin, Quarz, Zirkon, Rubin. 2. Zweiaxige: Aragonit senkrecht zu a und zu b, dann Andalusit senkrecht zu a und zu b. Kalisalpeter senkrecht zu a und zu c.

Von Turmalin wurden zwei 1 mm dünne Platten untersucht, welche jedoch keinen merklichen Unterschied zeigten. Hierauf gelangte ein würfelförmiges Stück von 12 mm Dicke zur Untersuchung, welches zuerst parallel, dann senkrecht zur Axe durchleuchtet wurde; der Unterschied ist ein sehr geringer und dürfte eher anderen Ursachen zuzuschreiben sein.

Von Quarz gelangten zwei Platten, parallel und senkrecht zur Axe geschnitten, zur Untersuchung, von 3,5 mm Dicke; es ergab sich ein kleiner Unterschied, die Platte parallel dem Prisma war etwas undurchlässiger als die andere. Es wurde dann ein zweiter Versuch gemacht, wobei zwei keilförmige Stücke, das eine parallel, das andere senkrecht zur Axe geschliffen, durchleuchtet wurden. Ein kleiner Unterschied war hier ebenfalls wahrnehmbar. (Die Dicke betrug im Maximum 6 mm.) In der Richtung parallel der Axe ist die Durchlässigkeit grösser.

Von Apatit gelangte ein würfelförmiges Stück von 17 mm Dicke zur Untersuchung, welches zuerst parallel und dann senkrecht zur Hauptaxe untersucht wurde; die erstere Richtung ergab eine geringere Durchlässigkeit, aber auch hier

ist die Möglichkeit vorhanden, dass dieser Unterschied Fehlerquellen zuzuschreiben ist.

Ferner wurde Korund parallel und dann senkrecht zur Axe durchleuchtet; auch hier scheint parallel zur Axe eine geringere Durchlässigkeit. Ein Aragonit parallel der Brachydiagonale durchleuchtet und hierauf um 90° gedreht, ergab in letzterem Falle eine geringere Durchlässigkeit. Andalusit ergab in den Richtungen parallel und senkrecht zum Brachypinakoid eigentlich den grössten Unterschied, der zu beobachten war. Salpeter wurde in zwei keilförmigen Stücken (an der Basis 6 mm Dicke) untersucht, das eine war parallel dem Brachypinakoid, das andere parallel der Basis aufgelegt; die Unterschiede waren hier minimale.

Alle Unterschiede sind jedoch sehr geringe, und dort, wo der Versuch durch zweimaliges Exponiren in verschiedenen Richtungen angestellt wurde, auch unsicher, da ja die Fehlerquellen hier weit mehr wirken. Nur bei Andalusit, Aragonit und vielleicht bei Quarz scheinen wirkliche Unterschiede vorhanden zu sein, wenn auch unbedeutende; immerhin ist dies theoretisch interessant, da dies mit dem sonstigen Verhalten der Krystalle übereinstimmt. Nach Röntgen, welcher in seiner erwähnten Arbeit zwei Fälle citirt, Quarz und Kalkspath, wäre ein Unterschied nicht wahrnehmbar. Wenn nun auch die von mir untersuchten Krystalle entweder nur kleine Differenzen aufweisen, oder wenn bei grösseren die Unterschiede auf andere Ursachen zurückzuführen sind, so scheint mir doch in den früher genannten Fällen ein wirklicher Unterschied zu existiren, und dürfte die Frage nach der verschiedenen Durchlässigkeit in verschiedenen Richtungen nicht zu verneinen sein, obgleich noch genauere Methoden nothwendig sind, um derartige Unterschiede, welche jedenfalls geringe sind, festzustellen.

Anwendung der Röntgen'schen Strahlen in der Edelsteinkunde.

Die Anwendung der X-Strahlen dürfte hauptsächlich dort zu suchen sein, wo andere Methoden (wie die früher genannten) nicht anwendbar sind, also bei gefassten Edelsteinen und insbesondere, wenn es sich um eine grössere Anzahl

gleichzeitig zu untersuchender Edelsteine handelt. Auch bei den als Doubletten bezeichneten Fälschungen ist sie vorzüglich. Da die Versuche sehr leicht ausführbar sind — es genügt eine Exposition von circa 15 Minuten — so können sie in der Praxis eine Wichtigkeit erhalten, um so mehr, als dem Besitzer der Edelsteine gleichzeitig ein bleibendes Zeugniss für die Echtheit hinterbleibt. Meine Idee war daher, sobald ich von den Röntgen'schen Strahlen gehört hatte, dieselben auf Unterscheidung von Mineralien anzuwenden und ersuchte ich daher, da mir kein Apparat zur Verfügung stand, Herrn Prof. Pfaundler, welchem ich die betreffenden Objecte übergab, einen Versuch auszuführen, um Diamant von Strass unterscheiden zu können. Die später gemachten Versuche sind aber von viel grösserem Werthe, weil sie wirklich Fälle betreffen, wo die Unterscheidung sonst schwierig ist, was in jenem Falle nicht zutrifft, und es ergiebt sich, dass gerade die werthvollen Edelsteine Diamant und die verschiedenen Korundvarietäten von minderwerthigen ähnlichen Mineralien unterschieden werden können.

Unterscheidung des Diamanten von weissem oder gelblichem Topaz, Bergkrystall, Phenakit, geglühtem Hyacinth, weissem Saphir, Spinell, ferner Unterscheidung von grün, blau, rosabraun gefärbten Diamanten von Chrysoberyll, grünem Korund, Saphir, Aquamarin, Rubin, Spinell, Hyacinth. Durch den grossen Unterschied der Durchlässigkeit lässt sich der Diamant sofort von jenen minderwerthigen Edelsteinen, sowie aber auch von Glasflüssen unterscheiden.

Unterscheidung von Rubin von Spinell (Balais), von Granat (Caprubin), von Rosa-Topas und Rosa-Turmalin. Rubin ist weit mehr durchlässig und unterscheidet sich deutlich von den undurchlässigen, unten angeführten analogen Steinen.

Unterscheidung des Saphirs von Cordierit, Turmalin, Cyanit. Auch hier sind die Durchlässigkeitsunterschiede vollkommen genügend.

Unterscheidung des gelben Saphirs von Goldberyll, Topas, Citrin, Chrysoberyll, Chrysolith, Hyacinth. Die Unterschiede sind sehr gross, nur der

Chrysoberyll, welcher ebenfalls undurchlässig ist, dürfte sich nur bei geringer Dicke unterscheiden lassen.

Grüner Korund lässt sich an seiner geringen Durchlässigkeit von Smaragd unterscheiden; ferner kann man die stärker undurchlässigen Mineralien Amethyst, Caprubin von Violettrubin unterscheiden.

Spinell ist mehr durchlässig als Granat (Almandin) und kann daher unterschieden werden.

Chrysoberyll (Alexandrit) ist mehr durchlässig als Sphen, Chrysolith, Andalusit, grüner Flussspath und kann von diesen unterschieden werden.

Hyacinth als ganz undurchlässiges Mineral kann von dem etwas durchlässigen Hessonit leicht unterschieden werden, andererseits unterscheidet er sich von den durchlässigen werthvolleren Edelsteinen.

Es könnte vielleicht der Einwand gemacht werden, dass bei dickeren Edelsteinen die Unterschiede zu geringfügige sind, um noch eine Entscheidung zuzulassen. Dies ist jedoch nicht der Fall, denn Korund von 15 mm Dicke ist noch immer weit durchlässiger als gleiche Berylle, Spinelle, Granaten, Hyacinthe etc. Ebenso ist ein solcher Diamant noch immer sehr durchlässig und ist der Unterschied selbst von Korund[1] sehr gross.

In manchen nur halb durchsichtigen oder fast undurchsichtigen Edelsteinen finden wir Einschlüsse, welche wir namentlich bei gefassten Steinen nicht immer erkennen können, so z. B. bei dunklem Saphir, Smaragd, Opal.

Auch über die Natur der Einschlüsse kann durch die Untersuchung mit den X-Strahlen Licht verbreitet werden, ebenso können Einschlüsse zum Vorschein kommen, welche sich sonst nur in Dünnschliffen zeigen; so wurden in einem Glimmer Einschlüsse sichtbar, die bei diesem Mineral nur durch Zerstören desselben eruirbar geworden wären.

So fand ich in einem Opal Einschlüsse von Schwefelkies; in einem Rubin sonst nicht sichtbare Einschlüsse.

Von theoretischem Werthe war auch die Untersuchung

---

[1] Ich habe auch die von Frémy in Paris dargestellten Rubine untersucht und dabei gefunden, dass sie sich ganz gleich wie natürliche verhalten.

eines Diamant-Oktaëders, welches an den sechs Ecken symmetrisch angeordnete, schwarze, undurchsichtige Einschlüsse aufwies, dieselben erwiesen sich in Folge ihrer Durchlässigkeit als Kohlenstoff.

Am Schlusse dieser Arbeit erlaube ich mir, meinem Mitarbeiter Herrn Privatdocenten Dr. Oscar Zoth, welcher die Photographien ausführte, meinen besten Dank auszusprechen, ebenso Herrn Prof. Dr. Rollet für die Benützung der Apparate.

Resultate.

1. Die Durchlässigkeit der verschiedenen Mineralien ist sehr verschieden. Eine Beziehung zwischen Dichte und Durchlässigkeit kann im Allgemeinen nicht gefunden werden, nur Mineralien, deren Dichte über 5 ist, scheinen undurchlässig zu sein. Eine allgemeine Beziehung zur chemischen Zusammensetzung existirt nicht, jedoch sind Schwefel- und Arsenverbindungen zumeist undurchlässig, Bor- und Aluminiumverbindungen zumeist durchlässiger, der Eisengehalt erhöht in den kieselsauren Salzen die Undurchlässigkeit. Nähere Beziehungen zum Moleculargewicht sind nicht eruirbar. Dimorphe Mineralien zeigen unbedeutende Unterschiede.

2. Krystalle zeigen in verschiedenen Richtungen nur minimale Unterschiede.

3. In der Edelsteinkunde lassen sich die Durchlässigkeitsverhältnisse zur Unterscheidung der werthvollen Edelsteine von minderwerthigen verwerthen.

Nachtrag.

Es wurde noch der Versuch gemacht, für eine Anzahl von Mineralien die Durchlässigkeitsverhältnisse mit der früher erwähnten, von Dr. O. Zoth construirten Stanniolscala zu bestimmen. Derselbe bedient sich übereinandergelegter Stanniolblättchen entweder von $\frac{1}{100}$ mm Dicke oder solcher von $\frac{1}{50}$ mm Dicke (durch Übereinanderlegen von zwei Blättchen à $\frac{1}{100}$ mm), und besteht dessen Scala aus nebeneinandergereihten Blättern, welche also in dem letzteren Falle (welcher für mich der häufigere war) folgende Dicken in $\frac{1}{100}$ mm für

die einzelnen Glieder aufweisen: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20[1].

Die Schattenbilder der mit der Scala gleichzeitig photographirten Mineralplatten werden mit den einzelnen Gliedern verglichen, und so wird bestimmt, welche Schattenbilder übereinstimmen, bei öfterer Wiederholung des Versuches bei derselben Dicke kommt man zu guten Resultaten.

Dadurch lässt sich dann durch Vergleichen der Dicke der beiden Körper das Verhältniss der Durchlässigkeiten bestimmen. Z. B. Quarz von 5,6 mm Dicke giebt dieselbe Nuance wie N 10 ($\frac{18}{100}$) der Stanniolscala, das Verhältniss ist also wie 560 : 18 = 31. Doch muss erwähnt werden, dass, wenn man verschieden dicke Platten anwendet, die Resultate nicht ganz gleich ausfallen, was entweder der Subjectivität der Methode oder auch dem Umstande zugeschrieben werden kann, dass die Durchlässigkeit vielleicht nicht ganz im umgekehrten Verhältnisse zur Dicke des Körpers wächst. So erhielt ich für Quarze zwischen 1,5—6 mm Zahlen, welche zwischen 28—32 schwanken. Für Diamant ist die Bestimmung sehr schwierig und ergeben sich bei Dicken von 1—15 mm erhebliche Unterschiede zwischen 300—425.

Die erhaltenen Zahlen sind jedenfalls, wie sich aus den Schwankungen ergiebt, welche bei verschiedener Dicke sich herausstellten, sehr approximative. Ich lasse nun die Verhältnisszahlen zu Stanniol folgen:

Diamant	1 : 300—425	Leucit	1 : 20
Korund	1 : 40	Phlogopit	1 : 20
Kryolith	1 : 40	Turmalin	1 : 19
Opal	1 : 30—34	Eisen-Thonerde-Augit	1 : 16
Andalusit	1 : 30—34	Eisen-Biotit	1 : 15
Quarz	1 : 28—32	Kalkspath	1 : 10—11
Albit	1 : 30	Smaragd	1 : 5—6
Adular	1 : 25	Markasit	1 : 3—4
Enstatit	1 : 25	Zinnober	1 : $\frac{3}{4}$
Topas	1 : 25		

[1] Näheres über die Scala und die Art des Gebrauches derselben findet sich in der Arbeit des Herrn Dr. O. Zoth: Beitrag zur Kenntniss der Röntgen'schen Strahlung und der Durchlässigkeit der Körper gegen dieselbe. (Wiedemann's Annal. d. Phys. u. Chemie. 1896.)

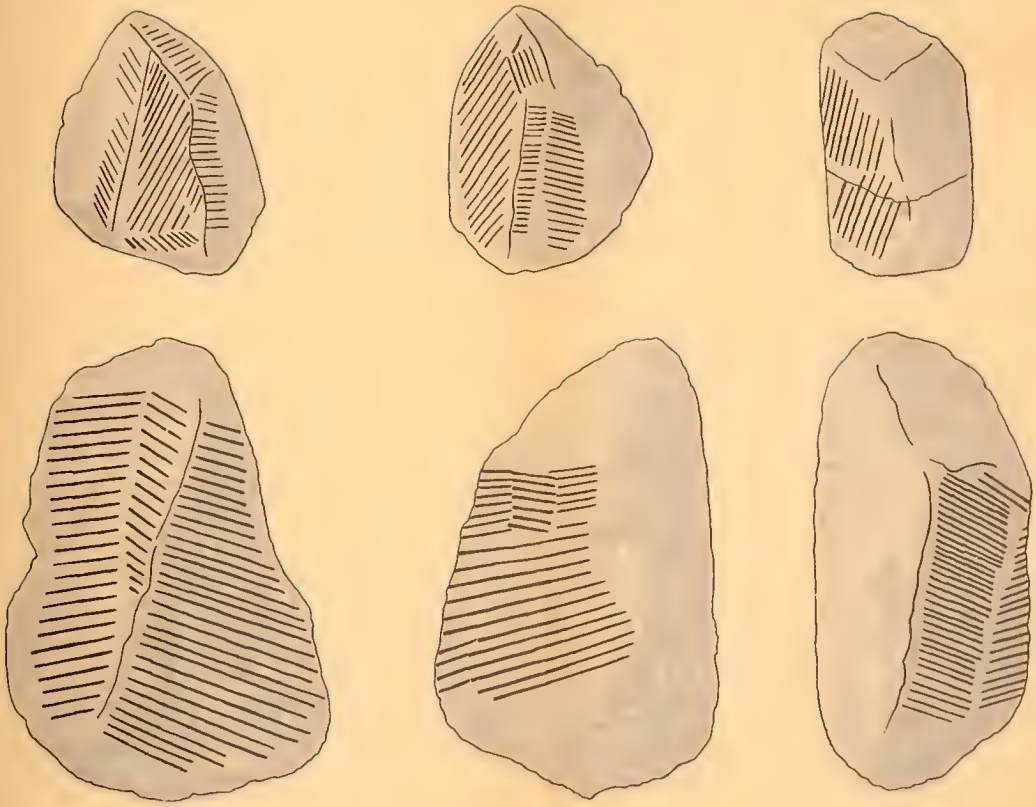
Für die einzelnen früher unterschiedenen Gruppen ergiebt sich ungefähr folgendes:

Gruppe	1.	Durchlässigkeit	circa	1 : 300—1 : 450
„	2.	„	„	1 : 40—1 : 45
„	3.	„	„	1 : 30—1 : 36
„	4.	„	„	1 : 24—1 : 32
„	5.	„	„	1 : 18—1 : 21
„	6.	„	„	1 : 10—1 : 18
„	7.	„	„	1 : $\frac{3}{4}$—1 : 7
„	8.	„	„	1 : $\frac{3}{4}$—1 : $\frac{3}{8}$

Erklärung der Taf. VI.

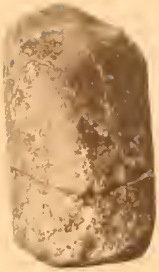
1. Ring mit Diamanten.
2. „ „ Strass.
3. Steinsalz-Keil, 6 mm Dicke.
4. „ „ 4 „ „
5. Epidot-Keil, 4 „ „
6. Rutil-Keil, 4 „ „
7. Rubinfarbiges Glas, 3 mm Dicke.
8. Aragonit-Keil, 4 mm Dicke.
9. Calcit-Keil, 4 „ „
10. Opal-Keil, 4 „ „
11. Quarz-Keil, 4 „ „
12. Kaolin-Keil, 4 „ „
13. Meerschaumkeil, 4 mm Dicke.
14. Brookit, 1 mm Dicke.
15. Eisenglanz, 1 „ „
16. Senarmontit, 1,5 „ „
17. Arsenit, 1,5 „ „
18. Chrysoberyll, 1 „ „
19. Schwefel, 0,5 „ „
20. Borsäure, 1,5 mm Dicke.
21. Rubin v. Frémy, 1 „ „
22. „ 1 „ „
23. „ 1,5 „ „
24. Smaragd, 1,5 „ „
25. Spinell (rechts), 1,5 „ „
    Korund (links), 1,5 „ „
26. Diamant, 1,5 „ „
27. Borax, 1 „ „
28. Granitschliff mit hervortretendem eisenhaltigem Biotit (0,5 mm).
29. Muscovit, 0,5—1 mm Dicke.
30. Glimmerschiefer.
31. Eklogit (Granat, Augit, Zoisit Quarz).
32. Andalusit, 1,5 mm Dicke.
33. Disthen, 1,5 „ „
34. Gyps-Keil, 3—1 „ „

Die Nummern 1—27 sind durch Bleiringe und Bleistäbe getrennt.



1

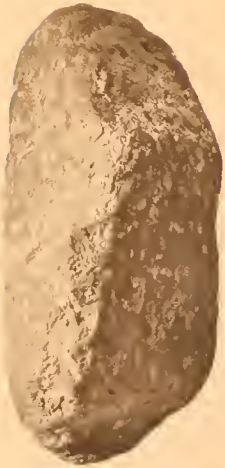
1a



1b

2

2a



2b

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: 1896_2

Autor(en)/Author(s): Noetling (Nötling) Fritz

Artikel/Article: Beiträge zur Kenntniss der glacialen Schichten permischen Alters in der Salt-Range, Punjab (Indien). 61-106