Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93/94 (1929)
Heft: 19

Artikel: Mineralogie und Technik
Autor: Niggli, Paul
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-43452

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Mineralogie und Technik. — Ideen-Wettbewerb zur Neugestaltung der Plätze am Hauptbahnhof Zürich. — Vom Kraftwerk Kardaun am Eisack. — Aluminium-Legierungen im Bau von Fahrzeugen. — Neue Bahnen in Afrika. — Mitteilungen: Gunitüberzug auf Eisenkonstruktionen. Bodensee-Bezirksverein Deutscher Ingenieure. Kabelkran von 5 t Tragkraft und 700 m Spannweite. Basler Rheinhafen-Verkehr. Eidgen. Technische Hochschule. Dampfturbinenfundamente in Eisenkonstruktion. Eine eiserne Flugzeughalle auf sechseckigem Grundriss. — Nekrologe: Paul Piccard. Gustave Naville. — Wettbewerbe: Erweiterung des Greisen-Asyls St. Josephsheim Leuk. Verwaltungsgebäude der Kantonalbank in Solothurn. — Literatur. — Schweizerischer Verband für die Materialprüfungen der Technik. — Mitteilungen der Vereine: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 94
Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.
Nr. 19

Mineralogie und Technik.

Von Prof. Dr. PAUL NIGGLI.

(Schluss von 225.)

III.

Hervorgegangen ist die Mineralogie aus der Bergbaukunde. Als Lehre von den Materialien, die die Erde aufbauen, ist sie auch anorganische Rohstoffkunde. Nur weil der Hauptaggregatzustand der Erdkruste der kristallisierte ist, hat sie zu einem grossen Teil die allgemeine Kristallgeometrie, Kristallchemie und Kristallphysik in sich aufgenommen.

Die Frage nach der Verteilung der Rohstoffe ist eine allgemeine chemische, d. h. geochemische, und eine mineralparagenetische. In erster Linie interessiert die Häufigkeit, mit der sich die verschiedenen chemischen Elemente bezw. Isotopengruppen am Aufbau der uns zugänglichen Erdhülle beteiligen. Erfahrungsgemäss variiert diese in einem sehr grossen Intervall, von mindestens dem ein- zu dem hundertbillionenfachen. Im Mittel sind zu mehr als ein Atom % nur folgende neuen Elemente beteiligt: Sauerstoff, Silicium, Wasserstoff, Aluminium, Natrium, Calcium, Eisen, Magnesium, Kalium. Technisch wichtige Stoffe wie Nickel, Kupfer, Zink, Wolfram finden sich in Mengen von nur $^1/_{100}$ bis $^1/_{1000}$ %; Zinn, Blei in $^1/_{10\,000}$, Silber, Quecksilber in $^1/_{100\,000}$, Gold und Platin in kaum mehr als $^1/_{1\,000\,000\,000}$ % in den uns zugänglichen Erdhüllen verbreitet. Schon daraus geht hervor, dass sich die Preisverhältnisse für den Abbau ganz verschieden gestalten müssen, gleichzeitig aber auch, dass bei gleichmässiger Verteilung der Elemente an die erfolgreiche Gewinnung einer grossen Zahl von chemischen Grundstoffen und deren Verbindungen gar nicht gedacht werden könnte. Glücklicherweise ist nun die Erdkruste im grossen und im kleinen heterogen. Einzelne Stoffe sind auf besonderen Lagerstätten relativ angereichert und dadurch der Ausbeute zugänglich. Um einige Beispiele zu nennen, die zugleich die wachsende volkswirtschaftliche Bedeutung der Südafrikanischen Union vor Augen führen, sei folgendes erwähnt.

In dem Hauptlager des Witwatersrand-Konglomerates von Johannesburg tritt Gold im Mittel in etwa $^1/_{1000}$ Gewichtsprozenten auf statt in $^1/_{10\,000\,000}$, wie es das Gesamtmittel der äusseren Erdhüllen ergibt. Es hat somit eine mindestens 10 000 fache Anreicherung stattgefunden. Noch grösser ist sie für die neuen riesigen Platinfunde im Rustenburgdistrikt von Transvaal. Hier finden wir im Merenskyreef, einem Augitgestein, Platin um das millionenfache gegenüber dem Durchschnitt angereichert, bis zu 200 Gramm pro Tonne. Das gleiche Gebiet basischer Eruptivgesteine, der Bushveldkomplex, enthält Chromitlager, in denen 30 bis 50 % Chromoxyd vorhanden sind gegenüber 0,05 %, die dem Mittel der Eruptivgesteine entsprechen. Aus in Europa völlig fehlenden Diamantlagerstätten konnten 1926 in der Union 665 kg Diamant gewonnen werden. So wird es uns nicht verwundern, dass die Vereinigten Staaten von Südafrika jährlich mineralische Rohstoffe im Werte von 1 bis 2 Milliarden Schweizerfranken ausbeuten, und in manchen Rohstoffgebieten führend sind.

Will man in Bezug auf die mineralischen Rohstoffe die volkswirtschaftliche Bedeutung eines Landes beurteilen, so ist somit nötig vorauszusagen, welcher Art die in ihm vorkommenden speziellen Lagerstättentypen sein können. Diese sind durchaus nicht beliebig variabel, ganz bestimmte Prozesse führten zur Anreicherung einzelner Stoffe, und die Prozesse selbst konnten sich im Laufe der Erdgeschichte nur unter besonderen Umständen abspielen. Nun ist es gerade das Ziel mineralogisch-geologischer Forschung, Bau- und Zusammensetzung der Erdrinde genetisch zu verstehen, in dem scheinbaren Chaos der Felsarten und morphologischen Formen einen geregelten Bauplan zu erblicken. Dem Künstler gleich, der die Einwirkung der Aussenwelt zu einem in sich harmonischen Erlebnis formt, sucht der Geist Inhalt und Gestalt der Erdrinde in einem, die wissenschaftliche Wahrheit als Richterin erkürenden Gemälde zu erfassen. Vielleicht hat der Leitgedanke geologischer Synthese niemals einen treffendern Ausdruck gefunden als im Bilde, das wir im „Olympischen Frühling", im Traum vom König Zeus vorfinden:

„Allein des Nachts im Schlafe führt ein stolzer Traum
Den König ins Gebirge. Zacken hoch und hehr
Verschlossen rings das Tal, und neben ihm einher
Bewegte sich von Säulen ein lebendiger Gang.
„Herbei!" befahl er. Links und rechts dem Weg entlang
Entwimmelten die Blöcke aus dem Felsenbruch.
„Auf!" und sie türmten sich nach seinem Willenspruch.
Kaum aber, dass er drohend mit den Brauen nickte,
Erbebte rundum das Gebirge, schwankte, knickte
Und sank in sich zusammen. Aber langsam, schau,
Stieg es verjüngt empor, geformt, gefügt zum Bau.
Nicht eine Wildnis mehr: es hatte Herz und Seele,
Und dichtend schritt der Geist durch die erhabnen Säle.
Den Finger zeigte Zeus und kehrte sich im Kreise:
„Jetzund vergleich, du Wicht, und deine Werke weise,
Ananke! Zwing das Weltall, meistre die Natur!
Ich bin der König. Du: dich grüss ich „Häuptling" nur."

Diese vom Drang nach Erkenntnis und dem Suchen nach Harmonie genährte Forschung muss somit zugleich die Heterogenität der Erdrinde im grossen und kleinen, die Stoffverteilung und deren Abhängigkeit vom Verlauf der Erdgeschichte, verstehen lernen. Dass sie dies nur auf dem Wege mühsamer Spezialuntersuchungen tun kann, und dass jeder, die Hauptgesichtspunkte zusammenfassende Darstellungsversuch wichtige Einzelheiten beiseite lassen muss, ist selbstverständlich.

Drei gewaltige, in sich mannigfaltige Gruppen mineralbildender Prozesse führten zum gegenwärtigen Zustand.

Zunächst ist ein Grossteil der Mineralassociationen, welche die Erdrinde aufbauen, aus Schmelzen, Lösungen und Dämpfen gebildet, die dem Erdinnern entstammen. Es sind das die im weiteren Sinne magmatischen Lagerstätten, bezeichnen wir doch die tiefer gelegenen, glutflüssigen Schmelzmassen, von denen uns die vulkanischen Erscheinungen Kunde geben, als das Magma. Minerallagerstätten bilden sich, wenn die flüssige oder flüssig gewordene Tiefenschicht (also das Magma) im Verlaufe grosstektonischer Ereignisse lokal oder regional nach aussen dringt. Ursprünglich ist die Stoffverteilung im Magma, wenigstens der Reihenfolge der Elemente nach, derjenigen analog, die im Mittel für die gesamten äusseren Erdhüllen besteht. Allein die Massenverschiebungen bringen das Magma in kältere und dem Belastungsdrucke weniger ausgesetzte Regionen, so dass eine Reihe interessanter Vorgänge in Spiel tritt, die zu einer Differenzierung in verschiedene Gesteins- und Lagerstättentypen mit verschiedener Elementenverteilung führen. Durch die nach bestimmten, vom Molekularzustand der Schmelzlösung abhängigen Gesetzen erfolgende Kristallisation und durch die, wenigstens teilweise, durch das Gravitationsfeld bewirkte Trennung der Kristalle von der Restschmelze entsteht eine Serie von Fraktionen, in denen sich die selteneren, in die Saigerungsprodukte nicht eingegangenen Stoffe in zunehmendem Masse angereichert vorfinden. Jede dieser Fraktionen

besitzt als Glied einer Entwicklungsreihe gewisse, besonders durch die Temperatur und Tension bedingte Eigenschaften. Sie kann in selbständiger Weise lagerstättenbildend werden. Da im Magma neben den Silikaten, Oxyden und Sulfiden auch sogenannte leichtflüchtige Stoffe (wie Wasser, Halogenverbindungen usw.) gelöst sind, entstehen schliesslich wässerige Restlösungen, die zu den Thermalwässern überführen. Gleichzeitig ist während der Aenderung der physikalischen Bedingungen im Verlaufe einer Magmenaufwärtsbewegung die Möglichkeit der Abspaltung von Dampfphasen unter Verdampfungs- und Destillationserscheinungen möglich. Es ist nun selbstverständlich, dass die Bildung eines bestimmten Differentiationsproduktes im grossen besondere geologisch-tektonische Bedingungen verlangt, die bei Kenntnis der, den ganzen gewaltigen Vorgang beherrschenden, physikalisch-chemischen Prinzipien vorausgesagt werden können. Wohl mögen durch Komplikationen spezielle und schwieriger zu beurteilende, accessorische Nebentypen entstehen; da jedoch die derzeitigen wirtschaftlichen Verhältnisse immer mehr dahin tendieren, nur die allergrössten Vorkommnisse als abbaufähig anzusehen, ist für praktische Zwecke dies von geringer Bedeutung.

So finden wir in nutzbaren Mengen Platinmetalle nur da angereichert, wo in gewisser Erdtiefe gewaltige basische Magmenmassen unter Bildung augit- und olivinreicher Gesteine sich weitgehend differenzieren konnten. Bedingungen dieser Art sind, soweit infolge erosiver Vorgänge sichtbar ist, in früherer Zeiten besonders im Ural, in Südafrika und in Rhodesien verwirklicht gewesen. Es sind das die führenden Länder der Platinmetallproduktion. Zinn- und Wolframverbindungen andererseits finden sich da angereichert, wo nach der Bildung granitischer Magmen (in nicht zu grosser Erdtiefe) eine Abspaltung relativ fluorreicher Dämpfe erfolgen konnte. Die Möglichkeiten hierfür haben sich im Verlauf der Erdgeschichte mehrfach wiederholt. Die daran sich anschliessenden Umgestaltungen der Erdoberfläche haben besonders in folgenden Ländern die entstandenen Lagerstätten in erreichbare Lagen gebracht: Malayische Staaten, Bolivien, Niederländisch-Indien, Süd-Afrika, Siam, China, Australien und England.

Zum nicht geringen Teil ist die ökonomische Bedeutung der Vereinigten Staaten von Nordamerika eine Folge der Bildung der pacifischen Randketten, eines Faltengebirges, das infolge der gegen den Ozean gerichteten Bewegungen viel gewaltigere äussere Magmenverschiebungen und Differentiationen aufweist als die Alpen interkontinentalen Ursprungs. Die relative Jugend des Gebirges gestattet heute vorzugsweise den Abbau der relativ erdoberflächennah gebildeten Lagerstätten, die aus weiter weggewanderten Lösungen, vorzugsweiser hydrothermaler Art, gebildet wurden. Gold- und Silbererze, Kupfererze, Bleierze spielen neben Quecksilbererzen eine grosse Rolle. So hat der jüngste Teil der geologischen Geschichte, durch den der amerikanische Kontinent vom eurasiatischen getrennt wurde, und wobei infolge der Westdrift die eruptivgesteinreichen, pacifischen Randketten sich bildeten, im wesentlichen Masse mitgeholfen, dass Amerika zum wirtschaftlichen selbständigen Gebiet geworden ist. Im allgemeinen können wir sagen, dass die Vorgänge der Gestaltung magmatischer Lösungen zu Minerallagerstätten zur abbauwürdigen Anreicherung folgender Elemente bezw. ihrer Verbindungen führte: Kupfer, Silber, Gold, Quecksilber, Beryllium, Barium, Radium, Zink, Cadmium, Gallium, Indium, Thallium, Blei, Chrom, Yttrium, Cer, Torium, Uran, Niob, Tantal, alle seltenen Erden, Titan, Zirkon, Zinn, Germanium, Wolfram, Molybdän, Tellur, Arsen, Antimon, Wismuth, Kobalt, Nickel, Platinmetalle, zum Teil auch Lithium, Strontium, Bor, Phosphor, Schwefel, Vanadium, Silicium, Aluminium, Eisen, Mangan. Für alle diese Lagerstätten ist es möglich, die einzelnen Prozesse ihrer Bildung weitgehend in Beziehung zu setzen zu den notwendigen Voraussetzungen geologischer Art. Natürlich haben die chemischen Verwandtschaftsverhältnisse zur Folge, dass gewisse Elemente sich stets zusammen vorfinden, wodurch die Uebersicht erleichtert wird.

Zu den Stoffwanderungen und Anreicherungsprozessen magmatischer Art gesellen sich allüberall Umlagerungs- und Stoffverschiebungsvorgänge an der Erdoberfläche unter dem Einfluss der Atmosphäre und Hydrosphäre. Da hier im wesentlichen eine Trennung von löslichen und unlöslichen Bestandteilen statthat, und unter den letzteren, sofern Transport erfolgt, eine Sonderung nach dem spezifischen Gewicht, ergibt sich die Möglichkeit neuer, praktisch wichtiger Lagerstättengruppen. Die gelösten Stoffe ihrerseits können bei der Bildung chemischer und biochemischer Sedimente wieder ausgefällt werden. Zurzeit sind es besonders die Verbindungen folgender Elemente, die auf Anreicherungslagerstätten der Erdoberflächenumgestaltung ausgebeutet werden: Natrium, Kalium, Rubidium, Caesium, Calcium, Magnesium, Chlor, Brom, Jod, zumteil auch Lithium, Strontium, Bor, Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, Vanadium, und aus Verwitterungsrückständen Silicium, Aluminium, Eisen, Mangan, Phosphor. Auch hier gilt, dass z. B. Kalisalzlagerstätten lediglich unter bestimmten klimatischen Bedingungen als letzte Laugenrückstände eintrocknender Meere sich bilden können. Selbst die wechselvolle Geschichte der Erde hat nur selten die hierzu notwendigen Bedingungen verwirklicht. Deshalb die Monopolstellung, die wenigen Ländern des europäischen Kontinentes in Bezug auf die Kalisalzgewinnung zukommt.

Seltener sind Stoffwanderungs- und Konzentrationsprozesse im Gefolge von Umwandlungen (sogenannten Methamorphosen), die sich unter Bedeckung abspielen. Immerhin braucht nur erwähnt zu werden, dass die Kohlen- und Erdölbildung auf solchen Vorgängen beruht, um deren grosse wirtschaftliche Bedeutung vor Augen zu führen. In beiden Fällen muss eine Sedimentation ganz bestimmter Art vorausgegangen sein. Wir kennen heute vollständig die Zeiträume und Gebiete, die dafür günstig waren.

Zur Zeit gibt es nicht mehr viele völlig unerforschte Gebiete auf der Erdkarte. Aber auch wenn solche vorhanden wären, stünden wir ihnen nicht ratlos gegenüber. Das Antlitz der Erde, das deren Geschichte widerspiegelt, ist uns in grossen Zügen bekannt, Interpolationen, sofern sie nur wesentliches betreffen, sind statthaft. Die Kenntnis der geologischen Vorgänge aber ermöglicht die Voraussage, was eventuell an nutzbaren Lagerstätten vorhanden sein kann. So dürfen wir auch, ohne grosse Fehler zu begehen, versuchen, die Vorräte zu berechnen, die mit Hilfe der heute bekannten Arbeitsmethoden greifbar sind. Auf Grund sorgfältiger Studien können wir der Industrie und Technik die Wege weisen, die einzuschlagen sind, um der Erschöpfung nahe Stoffe durch andere zu ersetzen oder deren Gewinnungsmöglichkeiten zu erhöhen. Auch hier gilt Leonardo da Vincis Ausspruch: „Die Wissenschaft ist der Kapitän, die Praxis, das sind die Soldaten“, oder „Jene, die sich in die Wissenschaft verlieben, sind wie der Pilot, so ein Schiff ohne Steuer noch Kompass betritt: welcher dann nie Sicherheit besitzt, wohin es geht.“

Alles was wir heute wissen, ist Stückwerk und wird stets Stückwerk bleiben. „Die wissenschaftliche Wahrheit war immer nur die Tochter der Zeit.“ (Leonardo da Vinci). Es wäre durchaus der Absicht entgegen, wenn meine Ausführungen den Eindruck erwecken sollten, als ob bereits das erreicht ist, war wir anstreben. Allein anderseits mag es nichts schaden, wenn wir von Zeit zu Zeit Rückschau halten und, in aller Bescheidenheit, jedoch mit einer gewissen Genugtuung, feststellen, dass die geistige Arbeit von Generationen nicht nutzlos gewesen ist. Sie hat nicht nur unser naturwissenschaftliches Weltbild bereichert, sondern auch die Mittel erhöht, die uns gestatten, den materiellen Forderungen des Tages gerecht zu werden. Es ist die Aufgabe der Hochschulen, dafür Sorge zu tragen, dass ein Stillstand, der Rückschritt bedeuten würde, nicht eintritt. Sie werden das tun können, wenn sich alle, die ihnen angehören oder die ihnen nahe stehen, vereinigen, mit dem Ziel, auf den Hochschulen dem Geiste freier Forschung, dem Drang nach Erkenntnis eine stets besser angepasste Heimstätte zu bereiten.