© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Geologisch-mineralogische Beobachtungen in Indien.

Von **Richard Lang** in Tübingen.

3. Rezente Bohnerzbildung auf Laterit. Entstehung fossiler Bohnerze.

Während meines wiederholten Aufenthaltes in Palembang, der Hauptstadt der Residentschaft gleichen Namens auf Sumatra, fiel es mir bei Gängen in die leicht gewellte Umgebung auf, daß an zahlreichen Stellen und oft über größere Strecken zerstreut rostbraune mehr oder weniger rundliche Eisenkonkretionen in zahllosen größeren und kleineren Körnern den Boden bedeckten. Es war Bohnerz genau von der Beschaffenheit, wie es, besonders als Ablagerung aus der Tertiärzeit, z. B. in Südwestdeutschland und der Schweiz sich findet und wie es von Weiger[1] aus der Schwäbischen Alb eingehend beschrieben worden ist.

Auch bei meiner Reise durch Malakka fand ich Bohnerz, und zwar in sehr weiter Verbreitung und in oft beträchtlichen Mengen im südlichen Teile der Halbinsel. Da und dort in diesen Gegenden tritt es geradezu gesteinsbildend auf und an manchen Orten wird es als Feinkies zur Wegbeschotterung ausgebeutet.

Zur Erläuterung der Art des Auftretens des Bohnerzes sei in erster Linie ein Profil von Palembang angeführt.

Dort durchschneidet wenig außerhalb der Stadt eine Straße durch den Vorort Talang einen flachen Hügel in einem einige Meter tiefen Einschnitt, der die ungewöhnlich günstige Gelegenheit bot, ein vollständiges Profil bis zum unzersetzten Anstehenden hinab zu beobachten. Es folgen dort von oben nach unten:

1. Brauner lockerer von zahlreichen Wurzelresten durchsetzter Boden mit zahlreichen Bohnerzkörnern	25 cm
2. Etwas hellerer brauner Lehm mit zahlreichen Bohnerzkörnern und Wurzelresten	30—35 „
3. Weißer und lilafarbener schmutziger Laterit mit vereinzelten Wurzelresten	60—80 „
4. Oben z. T. lilafarbener, darunter violettrot und rein weiß gefärbter Laterit mit erkennbarer Schichtung	120—130 „
5. Ziegelrot gefärbte Schicht	20—30 „
6. Graublauer bis grauschwarzer sandiger Ton bis ca.	250 „

[1] Beiträge zur Kenntnis der Spaltenausfüllungen im Weißen Jura auf der Tübinger, Uracher und Kirchheimer Alb. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg 1908. p. 187—248.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Das Profil zeigt in der obersten, einen halben Meter nur wenig überschreitenden Zone die Reste der Braunerdeverwitterung. Nur hier findet man, wie aus dem Profil hervorgeht, das Bohnerz. (Die Zweiteilung des Braunerdebodens in eine obere dunkle humusreichere und eine darunter liegende hellere humusärmere Schicht ist genau so, wie es für die europäischen Braunerden zutrifft, deutlich unterscheidbar.) Unter der bohnerzhaltigen Braunerde folgen buntfarbige Schichten in einer Mächtigkeit von ca. 2—2,5 m, die lateritische Verwitterung zeigen und völlig frei von Bohnerzbeimengungen sind. Unter diesen Schichten steht in dem Profil unzersetztes dunkelfarbiges Gebirge an, das dem mittleren Tertiär, den auf Sumatra weitverbreiteten Mittleren oder Unteren Palembangschichten, zugehört.

Die Profile, welche mir aus bohnerzführenden Gebieten von Malakka bekannt geworden sind, zeigen keinerlei wesentliche Verschiedenheiten von dem vorstehend verzeichneten Aufschluß. Nur die Mächtigkeiten der einzelnen Zonen wechseln von Ort zu Ort. Ein Profil, das ich nahe bei Station Niyor aufnehmen konnte, und das gleichfalls bis auf das frische Gestein (vermutlich paläozoischen Alters) hinabreicht, zeigt von oben nach unten:

1. Braungelb verwitterter Boden mit Bohnerz		1,5—2 m
2. Laterit		2—4 „
3. Schwarzer geschichteter Ton	bis	0,6 „

Stets ist also auch in Südmalakka ausschließlich in den obersten der Braunerdeverwitterung unterstehenden Lagen Bohnerz vorhanden. Bei Gemas konnte ich sehen, daß die Bohnerz führende Schicht horizontal, d. h. entsprechend der Oberflächenbeschaffenheit, auf steilgestellten Gesteinen auflagert. Oft ist eine 1 m und mehr mächtige Lage von Bohnerz an der Erdoberfläche angereichert. Auffällig erscheint dabei der Umstand, daß vielfach feineres Material, besonders der Tongehalt, gegenüber den mehr oder weniger groben Bohnerzkörnern stark zurücktritt.

In der durch Laterit gebildeten Zersetzungszone fehlt auch in Malakka stets das Bohnerz. Wohl aber enthält der in allen von mir beobachteten Fällen tonige oder tonig-sandige weiche Laterit von weißer, im wesentlichen durch Hydrargillit hervorgerufenen Grundfarbe Roteisen in mehr oder weniger verhärteten Partien. Diese Konkretionen von wasserarmem oder wasserfreiem Roteisen haben aber mit der Struktur der Bohnerzkörner nichts gemein. Vielmehr geht der verhärtete Teil des Roteisens ohne scharfe Grenze in weichere Gesteinspartien über. Eine aus dem umgebenden Laterit herausgelöste Roteisenkonkretion hat rauhe völlig unregelmäßig begrenzte Oberflächenform, von der härtere Teilchen sich leicht abbröckeln lassen. Es kann daher das Bohnerz nicht als Pseudomorphose nach Roteisensteinkonkretionen aufgefaßt

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

werden, da die Formen der beiden Konkretionen durchaus verschieden sind.

Das Bohnerz ist somit, wie aus allen Beobachtungen hervorgeht, auf die Braunerdeverwitterung zeigenden Teile der Profile beschränkt. Seine Bildung muß also unter denselben Bedingungen erfolgt sein, unter denen die Braunerde entstand. Da nun, wie ich in meinen beiden vorausgehenden Aufsätzen dartun konnte, die Lateritablagerungen in Indien aus einer Zeit regenärmeren Klimas stammen, während die Braunerdebildungen unter der Einwirkung des heutigen feuchten Klimas dieser Gebiete entstanden sind, so daß also als Folge eines in der letzten geologischen Vorzeit vollzogenen Klimawechsels die Produkte zweier verschiedener Verwitterungsprozesse übereinanderliegen, so muß auch das Bohnerz ein Produkt des regenreichen Klimas sein, unter dem Sumatra und Malakka sich heute befinden.

Im einzelnen sei zur Erklärung der Entstehung des Bohnerzes folgendes berücksichtigt.

Bei der Lateritbildung vollzieht sich der Zersetzungsvorgang in der Weise, daß neben den Alkalien und Erdalkalien auch die Kieselsäure allmählich weggeführt wird, während besonders Aluminium und Eisen sich anreichern, ersteres als weißes Hydroxyd (Hydrargillit), letzteres in roten Farben als wasserarmes Hydroxyd oder als Eisenoxyd (von mir chemisch undefiniert als Roteisen bezeichnet). Der weißgefärbte Hydrargillit nimmt bei der Lateritisierung in allen den zahllosen von mir beobachteten Lateritaufschlüssen stets die „Grundmasse“ ein, während das Roteisen in der Regel in Bändern, Flecken und Adern die „Grundmasse“ durchsetzt und in bunten Farben färbt. Die Struktur dieser Roteisenkonkretionen ist aber, wie schon oben dargelegt wurde, von der des Bohnerzes vollkommen verschieden. Besonders da, wo die Sickerwässer reichlich zu zirkulieren vermögen, reichert sich das Roteisen konkretionär an.

Der aus Aluminiumhydroxyd und Roteisen bestehende Laterit ist ein theoretisches Endprodukt. In der Natur ist dieses Endstadium der Verwitterung zumeist nur bis zu einem gewissen Grade erreicht, wie aus den Analysen von Lateritproben hervorgeht, und es finden sich deshalb vielfach Laterite, die in mehr oder minder großen Mengen auch andere Mineralsubstanzen enthalten.

Kommen die Produkte der lateritischen Verwitterung unter den Einfluß feuchteren Klimas, so vollzieht sich infolge von Umwandlung des lateritischen Zersetzungsproduktes die Braunerdebildung. Gleichzeitig mit ihr kann aber, wie aus den oben angegebenen Profilen hervorgeht, auch Bohnerz entstehen. Die Umwandlung vollzieht sich dabei im einzelnen in folgender Weise.

Die Braunerde wird offenbar gebildet aus einem gewissen Teil des im Laterit vorhandenen Eisens, weiter aus Aluminium-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

hydroxyd und aus Kieselsäure, soweit solche, entweder frei oder in Aluminiumsilikaten gebunden, in dem Laterit enthalten waren. Dabei verfärbt sich das Fe unter Wasseraufnahme aus buntfarbigem Roteisen zu gelbem bis braunem Brauneisen. Diese Umfärbung ist auf die bei der Braunerdebildung gegenüber der Lateritbildung stärkere und länger anhaltende Durchfeuchtung der Verwitterungsschichten, wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Anwesenheit des Humus im Boden, zurückzuführen. Das Eisen ist molekular oder adsorptiv an die Aluminium-Kieselsäureverbindungen gebunden und als „Ton" zu einem einheitlichen Mineralkomplex vereinigt. Für diese Annahme sprechen weiter unten zu erörternde Gründe. Zu dem gelb bis braun gefärbten Tonbestandteil des Bodens kommt, in mehr oder weniger großen Mengen, Humus in einer an Mineralstoffen gesättigten Form. Diese Komponenten zusammengenommen bildet sich ein gelblich oder bräunlich gefärbter, mehr oder minder humushaltiger Braunerdeboden[1].

Das Bohnerz kann in der Braunerde sich nur unter der Voraussetzung bilden, daß bei der Braunerdebildung nicht alles Eisen, das im Laterit enthalten war, zur Bildung von eisenhaltigen Aluminium-Kieselsäureverbindungen verbraucht wird, sondern daß ein mehr oder weniger beträchtlicher Rest an nichtgebundenem Eisen übrig geblieben ist. Diese Möglichkeit aber ist sehr groß, da das Eisen bei der lateritischen Verwitterung nicht weggeführt und daher relativ immer mehr angereichert wird. Das frei gebliebene Eisen sammelt sich in Konkretionen, gleichwie kleinste Lößkindl, unter Wasseraufnahme in der Form von Brauneisen. Da die Erscheinungsform eine gegenüber dem ursprünglich im Laterit vorhandenen konkretionären Roteisen völlig verschiedene ist, so ist dies nicht anders erklärbar, als daß eine Wanderung des Eisens zwischen den Tonpartikelchen und konzentrisch-schalige Anlagerung desselben an gewisse in der Braunerde verteilte Kristallisationszentra bei seiner Konzentration als Bohnerz stattgefunden hat.

Mit der Bildung des Bohnerzes in der Form von unregelmäßig in der gleichzeitig entstandenen Braunerde verteilten Konkretionen geht vielfach noch ein zweiter Vorgang Hand in Hand. Die Bohnerzkörner werden angereichert, so daß oft Ablagerungen sich bilden, die man geradezu als „Bohnerzformation" bezeichnen kann. Die Anreicherung des Bohnerzes läßt

[1] Es wäre irrig, zu meinen, aus Laterit könne sich keine Braunerde mehr bilden, da ersterem — theoretisch — die Kieselsäure fehle und in Braunerde Kieselsäure enthalten sein müsse. Die Braunerde bildet nur das Produkt einer bestimmten Verwitterungsrichtung, bei der Kieselsäure nicht ausgelaugt wird. Ist in einem Gestein schon vorher keine Kieselsäure vorhanden, so kann sich gleichwohl Braunerdebildung vollziehen, da für sie keinerlei bestimmtes Gestein Voraussetzung sein muß.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

sich leicht erklären, wenn man an Ort und Stelle die Wirkungen der niedergehenden oft außerordentlich starken Regen beobachtet. Überall da, wo der Boden nicht vollständig bewachsen ist, wo, wenn auch noch so kleine Lücken eine freie Stelle zwischen den Pflanzen übrig lassen, vermag der Regen die feinen Tonpartikelchen aufzuschlämmen und das abfließende Wasser dieselben wegzuführen, während alle gröberen Teilchen zurückbleiben. Diese werden somit immer mehr angereichert, während der Tonanteil allmählich zurücktritt oder ganz verschwindet. Da nun, abgesehen von Bohnerz, kaum gröbere Teilchen in den Braunerdeböden der hier genannten Gebiete sich finden, so entsteht durch die Ausschlämmung des Tons zuletzt eine an Bohnerz stark angereicherte Ablagerung. In diesem Falle kann das Bohnerz als Schottermaterial abgebaut werden.

Wie man sieht, ist mit der Umbildung des Roteisens des Laterits zu konzentrisch-schaligem Bohnerz der Braunerde, soweit in letzterer das Fe nicht an Ton gebunden ist, eine Wegführung des Fe nicht verbunden. Vielmehr wird alles ursprünglich im Laterit vorhandene Eisen bei der Bohnerzbildung in eine für die Braunerdewässer unlösliche Form übergeführt und so im Boden zurückgehalten und ausgeschieden. Offenbar wird deshalb das Brauneisen, wenn es sich in Braunerdegebieten, wie z. B. den oben beschriebenen, unter der Einwirkung der Atmosphärilien befindet, nicht angegriffen, sei es, daß es in der Braunerde eingebettet oder frei zutage liegt. Nur auch unter dieser Voraussetzung kann man sich die oberflächliche Anreicherung des Bohnerzes erklären.

Für die Bildung von Bohnerzablagerungen in Indien kommen somit drei Vorgänge in Betracht: Zuerst muß, gleichgültig bei welchem Gestein, lateritische Verwitterung eingesetzt haben, bei der das Eisen in der Form von Roteisen ausgeschieden wurde. In einer zweiten Phase muß das Roteisen, soweit es nicht zur Bildung von Ton verbraucht wurde, unter der Einwirkung von Braunerdeverwitterung zu Bohnerz umgebildet worden sein. In einem letzten Stadium endlich wurde das Bohnerz durch Auswaschung der erdig-tonigen Bestandteile angereichert.

Auffälligerweise ist das Bohnerz nicht überall gesteinsbildend oder auch nur in größeren Mengen verbreitet, wo Braunerdeverwitterung herrscht. So kennt man z. B. in Deutschland keinerlei rezente Bohnerzbildung in den Braunerdegebieten direkt zunächst der Erdoberfläche. Nur in der Tiefe von Höhlen scheint dieselbe hier heute noch vor sich zu gehen. Auch in Indien habe ich, abgesehen von den oben genannten Gebieten, in weiten,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

von mir bereisten Länderteilen Bohnerz als wesentlichen Bestandteil nicht angetroffen, und zwar überall da, wo die Braunerdebildung intensiver vor sich geht.

In den Gebieten, die mächtigere Braunerdebildung aufweisen, finden allerdings auch Brauneisenanreicherungen statt. Solche habe ich im Innern des Flachlandes von Palembang an vielen Stellen, besonders auf der Grenze zwischen Braunerde und Laterit, beobachtet. Diese Gebilde haben aber mit Bohnerz nichts zu tun, denn sie haben die Form von unregelmäßig-zelligen Platten oder schlackenähnlichen Krusten, die als einziges hartes Gestein zwischen den meist weichen Schichten liegen. Es ist jedoch nicht zu leugnen, daß diese Brauneisenschlacken das Bohnerz bis zu einem gewissen Grade ersetzen. Das Eisen ist offenbar aus den oberen, der Braunerdeverwitterung unterliegenden Schichten gelöst und an deren unterer Grenze wieder ausgeschieden und zugleich angereichert worden. Man muß diese Brauneisenschlacken somit als eine Bildung der Konzentrationszone[1] unter dem Einfluß der Braunerdeverwitterung auffassen. Ähnliche Anreicherungen von Eisen habe ich schon an anderer Stelle beschrieben[2].

Die Tatsache, daß das Bohnerz in weiten Gebieten fehlt, die von Braunerde mit darunter liegendem Laterit bedeckt sind, ist auf zwei mögliche Ursachen zurückzuführen.

Erstens kann der Fall eintreten, daß das im Laterit enthaltene Roteisen in so geringen Mengen vorhanden war, daß bei der Braunerdeverwitterung alles Eisen zur Bildung des eisenhaltigen Tons der Braunerde verbraucht wurde, so daß für die Bildung von Bohnerz kein freies Eisen übrig blieb. Dieser Fall wird immer dann eintreten, wenn die Ursprungsgesteine, aus denen der Laterit hervorgegangen war, nur relativ sehr geringe Mengen von Eisen im Verhältnis zu anderen unlöslichen oder schwerlöslichen Mineralbestandteilen, vor allem von Al- und Si-Verbindungen, enthielten.

Für viele Fälle, in denen den Braunerden in Indien, und auch in anderen Gebieten, das Bohnerz fehlt, ist aber eine andere Ursache anzunehmen. Einen Fingerzeig zur Erklärung dieser Tatsache bieten die Regenmengen bezw. die Mächtigkeiten der Braunerdebedeckung des Laterits an verschiedenen Orten.

Es zeigt sich nämlich, daß die rezente Bohnerzbildung in Indien auf diejenigen Gegenden beschränkt ist, die relativ niedere jährliche Regenmengen und daher

[1] Vergl. z. B. Lang, Über eine Einteilung nichtmetamorpher Sedimente in Tiefenzonen nach der Ausbildung ihrer Fe- und Al-Mineralien. Dies. Centralbl. f. Min. etc. 1910. p. 69—76.

[2] Lang, Die technische Verwendbarkeit der Werksteine des schwäbischen Stubensandsteins. Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1910. p. 380—389.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

sehr geringe Mächtigkeiten der Braunerde in den über das völlig ebene Flachland sich erhebenden welligen Gebieten aufweisen. Für Palembang beträgt die jährliche Regenhöhe 2674 mm, für Singapore 2350 mm, sie liegt also, bei durchschnittlicher Temperatur von etwa 27° C an diesen Orten, jeweils um 2500 mm herum. An beiden Orten erreicht die Braunerdebildung kaum 1 m an tiefgründigen Braunerdestellen und in den übrigen Teilen von Malakka, in denen Bohnerzbildung nachgewiesen werden konnte, traf ich keine 2 m an Mächtigkeit wesentlich übersteigende Braunerdeschicht. Es ist für die Bohnerzbildung somit offenbar die Voraussetzung notwendig, daß eine geringe Entwickelung der Braunerden und dementsprechend eine relativ geringe durchschnittliche Regenhöhe an den betreffenden Orten vorliegt. Daß, konstante Temperatur vorausgesetzt, Mächtigkeit und Humusgehalt der Braunerden im wesentlichen von der Feuchtigkeit des Klimas an den betr. Orten abhängt, habe ich in meiner letzten Arbeit dieser Aufsatzserie zu zeigen versucht.

Die Bohnerzbildung fehlt also in den Gebieten, in denen tiefgründige Braunerden sich finden, oder wo gar eine Anhäufung von Humus stattgefunden hat. Starke Braunerde- und Humusbildung in Indien konnte ich, unter Voraussetzung gleichbleibender Temperatur, nur durch die Annahme erklären, daß sie im wesentlichen durch höhere Regenmengen verursacht ist. Und die tatsächlichen Verhältnisse haben, wie ich dies in meinem letzten Aufsatz ausführen konnte, meine Annahme bestätigt. Ich möchte nun aus den eben besprochenen Zusammenhängen heraus den Schluß ziehen, daß auch bei dem Fehlen des Bohnerzes in den genannten Ablagerungen die hohen Regenmengen eine Rolle spielen.

Da aber schon oben nachgewiesen werden konnte, daß das Wasser an sich keinenfalls Bohnerz zerstört, sondern unter Ausschlämmen von Ton höchstens anreichert, so muß ein anderes Agens die Zerstörung und Wegführung von freiem Brauneisen bewirken und das Wasser kann dabei nur eine vermittelnde Rolle spielen. Durch hohe Regenmengen erfolgt eine Anreicherung von Humus in höherem Maße als bei geringen Niederschlägen. Diese Anreicherung von Humus mag dazu führen, daß in Zeiten größerer Regenfälle der der Braunerde beigemengte Humus nicht mehr vollständig adsorptiv gesättigt ist. Wenn dieser Fall auch nur für kürzeste Zeiten und für geringe Mengen von Humus eintreten kann — und nichts spricht dagegen —, so wird die Zerstörung des Brauneisens sofort erklärlich. Denn Rohhumus wirkt auf Eisenverbindungen lösend ein in der Weise, daß das Eisen adsorptiv an Humus gebunden und in Wasserlösung weggeführt wird. Ich nehme somit an, daß das Fehlen des Bohnerzes in vielen Braun-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

erden darauf zurückzuführen ist, daß in den Braunerden, in denen, wenn auch nur über ganz kurze Zeit und in geringen Mengen, Rohhumus sich bildet, alles Brauneisen, das nicht etwa an Aluminium und Kieselsäure gebunden ist, sofort gelöst und fortgeführt wird.

Daß der Braunerde nicht alles braunfärbende Eisen entzogen wird, hängt jedenfalls damit zusammen, daß ein Teil des Eisens an Aluminium-Kieselsäureverbindungen gebunden ist, und daß dieser braune Tonboden so lange das Eisen festzuhalten vermag, als neben rohhumusführendem Wasser auch sauerstoffhaltiges Wasser die Erde durchsickert. Würde der Sauerstoff dem Wasser durchaus fehlen und dauernd sauerstofffreies Rohhumuswasser den Boden bezw. das Gestein durchfeuchten, so würde alles Eisen allmählich entzogen und weißgefärbter Bleichsand und Bleicherde bezw. aus Aluminium-Kieselsäureverbindungen enthaltenden Schichten Kaolin sich bilden.

Für die Auffassung, daß manche Braunerden zeitweilig, etwa während der Regenzeiten, Rohhumus enthalten, welcher seinerseits auf das im Boden vorhandene freie Brauneisen lösend einwirkt, spricht, daß ich in Sumatra und in Malakka, besonders bei ungewöhnlichem Sinken des Wasserstandes, an den Ufern von Flüssen und Bächen ein Austreten von schmierig-öliger, orangegelber Eisenhydroxydgallerte aus Braunerdeböden beobachten konnte, also ohne daß Rohhumusbeimengungen im Boden erkennbar gewesen wären. Dasselbe habe ich auch vielmals in Württemberg, besonders an Einschnitten entlang dem Zug der Schwäbischen Alb an tonigen, durchaus den Eindruck von Braunerdeböden machenden Verwitterungsschichten des Schwarzen und Braunen Juras gesehen, in deren unverwittertem Gestein Eisenverbindungen, ohne an Ton gebunden zu sein, auftreten.

Es wäre wünschenswert, der Frage, inwieweit die Braunerden zeitweilig Rohhumus enthalten, weitere Beachtung zu schenken.

Da die Bohnerzbildung nicht allein auf die Tropen beschränkt ist, so sei hier eine kurze Besprechung dieser anders entstandenen Bohnerze angeschlossen.

Auch unter gemäßigtem Klima, fern von Produkten lateritischer Verwitterung, vermag sich Bohnerz zu bilden. So findet man in den Klüften und Höhlen des Juras nicht selten Bohnerzkörner in lehmigen Ablagerungen, denen nach der sie beherbergenden Fauna ein ganz junges Alter zukommt, so daß dabei an ehemalige Lateritbildungen nicht gedacht werden kann.

Dagegen lassen sich z. B. in Südwestdeutschland an der Erdoberfläche nirgends Bohnerzvorkommen jungen Alters nachweisen.

Offenbar ist die Bohnerzbildung auch unter gemäßigtem Klima auf die Stellen beschränkt, wo das Wasser nie adsorptiv ungesättigte Humussub-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

stanzen führt, welche das Eisen lösen und wegführen könnten. Dies ist leicht für die Gebiete erklärlich, in denen, wie im Jura, mächtige Kalkablagerungen auftreten. Etwa vorhandene, momentan adsorptiv ungesättigte Humussubstanzen in den Wässern werden dort durch gelösten Kalk sofort adsorptiv gesättigt und leicht zerstört, da der Kalk die Wirksamkeit der den Humus zerstörenden Bakterien besonders günstig beeinflußt. So wird das Wasser beim Durchsickern in die Tiefe in bezug auf Humusstoffe durch die Kalkschichten gleichsam filtriert, es kommt humusfrei in größere Tiefen unter der Erdoberfläche und vermag deshalb bei der Lösung des Kalkgesteins und der dadurch erfolgenden Aushöhlung des Gebirges, sowie der Anhäufung der unlöslichen Reste an Ton und Eisen etwa sich bildende Bohnerzkörner nicht zu zerstören. Daß solches Höhlenwasser stets frei von Humussubstanzen ist, beweist auch die hellgelbe Farbe der Höhlenlehme.

An der Erdoberfläche wird sich in gemäßigtem Klima bei Einwirkung zeitweilig größerer Regenmengen, wie dies z. B. in Deutschland der Fall ist, deshalb keine Bohnerzbildung vollziehen, weil hier auch in den Braunerdegebieten — von Humusgebieten ganz zu schweigen — zu gewissen Zeiten adsorptiv ungesättigte und daher Eisen lösende Humusverbindungen auftreten, d. h. daß die Humusproduktion bezw. die Auswaschung größer ist, als daß genügende Mengen von Mineralsubstanzen herbeigeführt werden könnten, um eine adsorptive Sättigung des Humus zu erreichen. Nicht selten kann man in Deutschland an Wässern, die aus Braunerdegebieten austreten, während der kühlen feuchten Jahreszeiten eine zeitweilige, durch gelösten Rohhumus verursachte leichte Braunfärbung oder bei Grabarbeiten da und dort ein Ausfließen rostigen, eisenführenden Wassers aus Braunerdeboden beobachten.

Es ergibt sich somit, daß Bohnerz auch ohne vorangegangene Lateritisierung des Gesteins und unter gemäßigtem Klima sich bilden kann. Es ist aber auch hier vorauszusetzen, daß die das Bohnerz bildenden Wässer zu keiner Jahreszeit Rohhumus führen.

Unter dem Einfluß der niederen Temperaturen, die im gemäßigten Klima herrschen, gestalten sich die Umsetzungen außerordentlich viel langsamer als unter heißem Klima, wo fast alle chemischen oder chemisch-biologischen Vorgänge viel rascher sich vollziehen. Daher werden unter gemäßigtem Klima gebildete Bohnerzablagerungen infolge der Langsamkeit ihrer Bildung, insbesondere aber auch infolge des Fehlens intensiver Auswaschung der Tonteile durch die Sickerwässer, nie ein solch gewaltiges Ausmaß erreichen können, daß sie, wie die oben beschriebenen, aus Laterit hervorgegangenen Bohnerzablagerungen gesteinsbildend auftreten. Auch sind sie in ihrer Erscheinung an enge Gebiete, insbesondere

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

an die rohhumusfreien Kalkgebiete, z. B. im Jura an die Grotten und Klüfte unter der Erdoberfläche, gebunden und haben keine regional weite Verbreitung.

Es ist anzunehmen, daß auch die Gelberden Bohnerz zu enthalten vermögen. Denn die Gelberden unterstehen wie die Braunerden der tonigen Verwitterung, bei der als Restprodukte mehr oder weniger wasserenthaltende Kieselsäure-Aluminium-Eisenverbindungen sich bilden. Nur enthalten sie relativ sehr geringe Mengen an Humusbeimengungen. Da im einzelnen über die Gelberden wenig bekannt ist, so läßt sich über die eben gegebene Annahme nichts Näheres erörtern.

Allgemein kann man sagen, daß das Bohnerz ein Produkt relativ feuchten Klimas mit (Gelb- und) Braunerdebildung darstellt. In allgemeiner Verbreitung und als gesteinsbildende Formation tritt das Bohnerz aber nur da auf, wo lateritische Verwitterung vorausgegangen war, aus deren Fe-Überschuß dasselbe gebildet ist. In allen anderen Fällen ist die Bohnerzbildung lokal beschränkt und von geringem Ausmaß. Das Bohnerz fehlt überall da, wo entweder reine Lateritverwitterung auftritt oder Rohhumuswässer, wenn auch zeitlich im Jahr auf enge Grenzen beschränkt, vorkommen. Endlich fehlt es überall da, wo bei (Gelberde- bezw.) Braunerdeverwitterung ein Gestein kein freies Fe zu liefern vermag, vielmehr alles Fe an Verbindungen, insbesondere solche von Si und Al, gebunden wird.

Bohnerz bildet somit einen Indikator für (Gelberde- bezw.) Braunerdeverwitterung. Soweit dieses gesteinsbildend und regional weit verbreitet auftritt, weist es dazu auch auf vorausgegangene Lateritbildung und somit auf einen Klimawechsel von trockenerem heißem zu feuchterem Klima hin.

Diese Sätze lassen eine Anwendung auch auf die fossilen Bohnerze zu. Auch diese müssen Bildungen der (Gelberde- bezw.) Braunerdeverwitterung sein, und da sie in gewissen Ablagerungen gesteinsbildend und regional weit verbreitet aufzutreten pflegen, müssen sie in diesen infolge eines Klimawechsels aus Laterit entstanden sein.

Die ehemalige lateritische Verwitterung kann durch genaue chemisch-analytische Untersuchung der Bohnerzkörner eine exakte Bestätigung finden, wenn man geeignetes, von etwaigen sekundären Veränderungen möglichst unbeeinflußtes Bohnerzmaterial zu den Analysen verwendet. Es kommt für diese Untersuchungen besonders das Verhältnis zwischen dem vorhandenen Al_2O_3 und SiO_2 in Betracht. Soweit Al_2O_3 vor-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

handen ist, ist es entweder an die kaolinähnlichen Aluminiumkieselsäuren gebunden, deren Stammformel $H_4Al_2Si_2O_9$ bildet. Oder es könnte Al_2O_3 auch frei als Aluminiumhydroxyd, wie es im Laterit vorkommt, enthalten sein. Ob letzteres im Bohnerz als Überrest der lateritischen Verwitterung auftreten kann, läßt sich in der Weise erkennen, daß man das Mengenverhältnis von Al_2O_3 zu SiO_2 in der Analyse vergleicht. In den (Kaolin-)Tonformeln ist das Verhältnis zwischen Al_2O_3 und SiO_2 wie 1 : 2. Das Molekulargewicht von Al_2O_3 beträgt 102,2, das von SiO_2 60,3 oder das von $2SiO_2$ 120,6. Es müßte somit im ungünstigsten Falle das Verhältnis zwischen Al_2O_3 und SiO_2 102,2 : 120,6 oder etwa wie 5 : 6 in den Analysen enthalten sein. Es ist aber anzunehmen, daß mit großer Wahrscheinlichkeit ein Teil des SiO_2 der Analysen nicht mit Aluminium gebunden, sondern frei als Kieselsäure im Bohnerz enthalten ist, wodurch das Verhältnis zwischen den Mengen von Al_2O_3 und SiO_2 sich noch weiter zugunsten von SiO_2 verschieben würde. Die von Weiger zusammengestellten Bohnerz-Analysenergebnisse zeigen für $Al_2O_3 : SiO_2$ folgende Verhältnisse: I 7,03 : 9,80, II 5,83 : 19,82, III 6,37 : 2,68, IV 6,71 : 13,00, V 7,47 : 11,80, VI 26,70 : 0,00[1]. Besonders interessieren hier die Analysen III und VI. Erstere ist von Gümbel[2] veröffentlicht, letztere von Daubrée[3] angegeben. Beide Analysen zeigen relativ sehr hohe Werte von Al_2O_3. In der Analyse VI ist dasselbe überhaupt allein konstatiert. In der Analyse III ist das Verhältnis zu SiO_2 ganz ungewöhnlich hoch, so daß man nur die Erklärung dafür hat, daß neben etwa in dem Bohnerz vorhandenen Ton freies Aluminiumhydroxyd enthalten ist. Aber auch die Analysen I und V zeigen ungewöhnlich hohe relative Werte von Al_2O_3. Da nun bei der Braunerdeverwitterung das Aluminium stets an Kieselsäure gebunden erscheint und nur bei lateritischer Verwitterung frei als Hydroxyd auftritt, so bildet der Überschuß an freiem Aluminium den sicheren Beweis, daß das betr. Bohnerz durch die Braunerdeverwitterung eines ehemaligen Laterits hervorgegangen ist. Dieses Resultat könnte höchstens bezweifelt werden, wenn man Fehler in den Analysen nachweisen könnte, wofür Anhaltspunkte nicht vorliegen.

Der Zeitpunkt der fossilen Braunerdebildung bezw. der fossilen Klimaänderung kann bestimmt werden, wenn die Bohnerzablagerungen entweder als Schicht in kontinuierlichem Zusammenhang zwischen zwei zeitlich datierbaren Ablagerungen liegen oder wenn sie Fossilreste enthalten.

[1] a. a. O. p. 211.

[2] Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern. 4. Abteilung. Geognost. Beschr. d. Fränkischen Alb etc. 1891. p. 196.

[3] Description géologique et minéralogique du Departement du Bas-Rhin. 1852. p. 290.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Da jedoch in vielen Fällen eine sekundäre Verschwemmung des Bohnerzes stattgefunden hat, so ist die Altersbestimmung mit Vorsicht aufzunehmen. Möglicherweise können bei der Verschwemmung alte Bohnerze mit zeitlich jüngeren Fossilresten zusammen abgelagert worden sein. Darauf weisen z. B. die Angaben Schlosser's[1] über das Alter der Säugetierfaunen aus den Bohnerzablagerungen in Südwestdeutschland hin, die so ziemlich aus jedem Teil der Tertiär- und Nachtertiärzeit stammen, so aus dem Mittel- und Obereocän, dem Oligocän, dem Unter-, Mittel- und Obermiocän, dem Unter- und Oberpliocän, dem Alt- und Jungpleistocän.

An diese Erörterungen seien noch Notizen über die bisherigen Anschauungen, die Bildung des Bohnerzes betreffend, angeschlossen. Ich möchte mich dabei aber auf die Autoren beschränken, welche ähnliche Auffassungen vertreten, wie sie in der vorliegenden Arbeit zum Ausdruck gebracht sind.

Als erster hat Deffner[2] 1859 auf bestimmte klimatische Verhältnisse bei der Bohnerzbildung hingewiesen, indem er die Möglichkeit der Entstehung des Bohnerzes „durch Agglomeration ausgeschiedener Eisenoxydhydratflocken, welche an tropischen Küsten ... durch die Bewegung des Wassers vermittelt wird", erörtert.

An Laterit erinnert erstmals wohl O. Fraas[3], indem er die Bohnerzbildungen der Alb durch tausendjährige Verwitterung entstehen läßt, die „an tropischen Küsten heute noch vor sich gehen" mag, „wo Agglomerationen ausgeschiedener Eisenoxydhydratflocken entstehen (Laterit an den Küsten Zentralafrikas, Asiens und Südamerikas)".

Auch Koken[4] nimmt an, daß die Bohnerzbildung mit der Entstehung des Laterits im Zusammenhang stehe, eine Auffassung, die er durch Beobachtungen in Indien stützen konnte.

Die beiden jüngsten Arbeiten über die Frage der Entstehung der Bohnerze von Rollier[5] und Weiger[6] vertreten gleichfalls die Auffassung, daß es sich um eine Art Lateritbildung handle. Rollier nimmt an, daß die Bohnerze ihrer Struktur und chemischen Zusammensetzung nach eine Art Oolithe bilden oder dem Rasenerz ähnlich seien, das in Wassertümpeln und Sümpfen sich ausscheide, und daß sie zusammen mit dem aus Laterit und Terra rossa

---

[1] Beiträge zur Kenntnis der Säugetierreste aus den süddeutschen Bohnerzen. Geolog. u. paläontolog. Abh. N. F. 5. 1902. p. 117—258.

[2] Zur Erklärung der Bohnerzgebilde. Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg. 1859. p. 313.

[3] Geognostische Beschreibung v. Württemberg etc. 1882. p. 153.

[4] Führer durch die Sammlungen des geol.-min. Inst. in Tübingen. 1905. p. 79 und 99.

[5] Die Bohnerzformation oder das Bohnerz und seine Entstehungsweise. Vierteljahrsschrift d. naturf. Gesellsch. zu Zürich. 1905. p. 150—162.

[6] a. a. O. p. 210.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

stammenden „roten Bolus“ entstanden seien, und auch Weiger spricht von flachen Seebecken und Sümpfen, die sich gebildet haben mögen und worin sich der eisenschüssige Schlamm niederschlug.

Daß es zur Erklärung der Bohnerzgebilde keiner Wassertümpel, Seebecken und Sümpfe bedarf, glaube ich im vorausgehenden gezeigt zu haben.

Es ergibt sich, daß die hier genannten Autoren ganz richtig erkannt hatten, daß bei der Bildung von „Bohnerzformationen“ heißes Klima bezw. dessen eigenartigstes Verwitterungsprodukt, der Laterit, eine Rolle spiele. Sie konnten aber, da ihnen eine genauere Kenntnis der Verwitterungserscheinungen in den Tropen fehlte, nicht wissen, daß erst die Fossilisierung des Laterits unter dem Einfluß eines feuchteren, (Gelb- und) Braunerde bildenden Klimas die Entstehung der Bohnerze ermöglicht.

Erst durch diese Erkenntnis löst sich der scheinbare Widerspruch, der darin lag, daß man annahm, das Bohnerz entstehe bei der lateritischen Verwitterung der Gesteine, also unter tropischem Klima, aber auch unter gemäßigtem Klima, fern von jeder Einwirkung lateritischer Zersetzung, z. B. in den Höhlen des Juras, gehe heute die Bohnerzbildung vor sich. Tatsächlich vollzieht sich, wie wir jetzt sagen können, die Bohnerzbildung in den Tropen wie in gemäßigtem Klima unter denselben Bedingungen, nämlich unter der Einwirkung reiner (Gelberde- bezw.) Braunerdeverwitterung.

Tübingen, im April 1914.

Aszensionstheorie und Epigenese der Erzlagerstätten.

Von **A. Sachs** in Breslau.

In seinem ausgezeichneten Werke „Die Erzlagerstätten“ (Leipzig 1904—1906), sowie in seinem „Abriß der Erzlagerstättenkunde“ (Jena 1913) unterscheidet Bergeat, abgesehen von den deuterogenen Erz-Seifen, folgende fünf Gruppen: 1. Magmatische Ausscheidungen. 2. Schichtige Lagerstätten. 3. Erzgänge. 4. Höhlenfüllungen und metasomatische Lagerstätten. 5. Kontaktlagerstätten.

Betrachtet man die einzelnen Gruppen vom Gesichtspunkte der Syngenese oder Epigenese aus, so sind zunächst die magmatischen Ausscheidungen, deren Kenntnis wir besonders den schönen Untersuchungen verdanken, die J. H. L. Vogt seit 1893 in der Zeitschrift für praktische Geologie veröffentlichte, selbstverständlich als syngenetisch aufzufassen. Die Gruppe 2, d. h. die schichtigen Lagerstätten, faßt Bergeat ebenfalls als syngenetisch auf, indessen ist es bekannt, daß ein Teil dieser Lagerstätten, besonders die

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: 1914

Autor(en)/Author(s): Lang Richard

Artikel/Article: Geologisch-mineralogische Beobachtungen in Indien. 641-653