

Die Bohnerzformation

oder

das Bohnerz und seine Entstehungsweise.

Antrittsvorlesung

gehalten am Eidgen. Polytechnikum zu Zürich den 13. Februar 1904.

Von

Louis Rollier.

Begriff und Bedeutung.

Bohnerz, d. h. erbsen-, bohnen- bis faustgrosse Brauneisenstein-Konkretionen (mine de fer en grains), kennt man schon allgemein seit keltischen und Römerzeiten in Europa, da es das Material war, woraus man zuerst durch die alte katalonische Methode, also ohne Zusatz von Kalk und anderen Flussmitteln hauptsächlich in Frankreich, im Schweizer Jura und an der schwäbischen Alb ein gewöhnliches Schmiedeisen zubereitete. Spuren von alten Schmelzöfen mit den charakteristischen, noch ziemlich eisenreichen Schlacken und daneben keltische Münzen sind auch in der Schweiz bekannt geworden. Durchs ganze Mittelalter hindurch und bis spät im vorigen Jahrhundert, also bis zur Einfuhr von belgischem und englischem Eisen, hat man bei uns fast nur das vorzügliche einheimische Bohnerz-Eisen gekannt.

Heute noch steht in Choindez bei Delsberg ein Hochofen in Betrieb, der sein Erz aus dem Delsbergertale bezieht und dort werden noch, nach einer gefälligen Mitteilung der Direktion des v. Roll'schen Eisenwerkes, jährlich ca. 5000 Tonnen oder 30,000 Hektoliter gewaschenes Bohnerz aus drei Schächten gewonnen. Nach Quiquerez, damaligem Bergingenieur im Berner Jura, hat man dort 1854—1863, also während zehn Jahren, 1,275,747 Kübel ¹⁾

¹⁾ Ca. Hektoliter à 200 kg. Zwischen 1834 und 1854 wurden 870,161 Kübel gewonnen. Angaben in Actes soc. jur. d'émul. 1881, p. 323. Ferner in den Neuen Denkschr. der schweiz. nat. Ges. Bd. 21, p. 32; im Préavis de la Commission, etc. pp. 80—81, in-8°, Porrentruy 1854. Nach Quiquerez lieferte eine konzessionierte Jucharte Land (Journal concessionné à 30,000 pieds carrés = 0,27 Ha) 188 Hektoliter Erz.

Bohnerz aus mehr als 300 kleinen Schächten ausgebeutet. Im Kanton Solothurn wurden damals nach Gressly 1000 Tonnen Bohnerz in Gänsbrunnen und in der Klus jährlich geschmolzen und nach Merian (1830) in Kandern im Badischen 5400 Tonnen Bohnerz in der dortigen Gegend gegraben. Bis vor 50 Jahren waren nämlich im Jura, im Rheintal und in Schwaben mehrere Öfen in Tätigkeit. Viele Gruben sind jetzt allerdings erschöpft, namentlich solche, die mit gewöhnlichen Mitteln ausgebeutet wurden. Doch sind noch grössere Strecken vorhanden, wo die Ausbeutung mit modernen Einrichtungen das Erz in tieferen Stellen vorteilhaft nachsucht. Dann sind in der Bohnerzformation neuerdings andere Aufschlüsse und Ausbeutungen eröffnet worden. So die vielen Quarzsand- und Huppergruben, welche mit dem Bohnerz in innigem Zusammenhang stehen. So kann man jetzt noch die Bedeutung und die Bildungsweise der Bohnerzformation ökonomisch und wissenschaftlich hervorheben. Und so lasst uns hier über die geographische Verbreitung, über die paläontologischen Einschlüsse und Erforschung, über die stratigraphische Zusammensetzung und über die Entstehungsweise einer der sonderbarsten geologischen Formationen Mitteleuropas ein Gesamtbild entwerfen oder zusammenfassen.

Erstreckung oder geographische Verbreitung.

Man hat sich an die Ansicht gewöhnt, als hätten die bestehenden Eisenwerke wegen der in der Nähe befindlichen Bohnerzgruben ihre Entstehung gefunden und als würden die Bohnerze an anderen Orten fehlen. Es lehrt aber die Erfahrung, dass die Bohnerze viel weiter verbreitet und auch fern von den Betriebsplätzen vorhanden sind. Viele Reviere sind sozusagen ganz abgesehen, so namentlich die Stellen, wo Erzlager in unmittelbarer Nähe des Ackerbodens und wenige Meter tief sich befanden. An vielen Stellen ist aber das Bohnerz in der Tiefe, besonders unter Molassebedeckung noch meistens unausgebeutet.

Das Bohnerzgebilde, wenn auch selten mit reichem Bohnerzgehalt, erstreckt sich bald in der tonigen Bolusfacies, bald in der Huppererde- und Quarzsand-Facies über einen sehr grossen Teil des Schweizer Jura, besonders zwischen Biel und Basel, wo es in keiner Mulde fehlt und auf den verschiedenen Stufen des

oberen Jura transgrediert; dann am Süd-Fusse des Neuenburger- und Waadtländer-Jura, wo es auf den Stufen des Hils (Valangien bis Urgonien) ruht. Im Aargau, an der Lägern, auf dem Randen, auf der schwäbischen Alb, sowie im badischen Oberlande und im Elsass ruhen die Bohnerztone und Quarzsande nur noch reliktenweise wieder auf Jurakalk, bald auf der obersten, bald auf der ältesten Korallenstufe und in deren Spalten.

Hier wurden tausende von Taschen und Schloten im Weiss-Jura ϵ und ζ aufgeschlossen. Im Unter-Elsass bei Dauendorf und Miesenheim bis Weissenburg und weiter abwärts im Mainzerbecken zunächst auf Dogger, dann bis auf dem Paläozoicum in der Gegend von Kassel, bildet das Bohnerz die Unterlage der pyritreichen Süßwassergebilde mit Braunkohle (unter dem Buchsweiler Kalk) und geht in dieselben über.

In Frankreich hat das Gebilde seine grösste Verbreitung und das französische Eisen verdankte zu einem grossen Teil dem Bohnerz seine Vorzüglichkeit. Es findet sich auf Malmkalk in den Departements der Meuse und der Mosel, übertritt auf Trias bis in die Gegend von Saarbrücken. Dann in den Departements der Haute-Saône, des Doubs und des Jura wurde es früher vielfach ausgebeutet. Im Süden in der Guyenne, im Berry, im Languedoc und in der Provence, im Tarn et Garonne (Phosphorites du Quercy), bis gegen Nizza und Villa-Franca an der Mittelmeerküste auf oberer Kreide. Im Dauphiné und im südlichen Jura meistens auf Urgon und Neocom. Daneben und dazwischen gibt es mehrere Landstriche, welche gar kein Bohnerz zeigen, z. B. der grösste Teil des französischen Jura zwischen Pontarlier und Salins, wo doch auch Malm und Hils, seine sonst gewöhnliche Unterlage, reliktenweise vorkommen.

In den Savoyer- und Waadtländer-Alpen bis in die Region des Oldenhorns (Zanfleuron-Gletscher) kommt es sporadisch auf Urgon und Aptien, an der Stelle des mitteleocänen Nummulitenkalkes vor. In den östlichen Alpen sind die Bohnerzgebilde auf dem triadischen Dachsteinkalk bekannt. Häufig treten sie dagegen in Oberkrain, südl. der Drau und in Steiermark, wie am Karst in Illyrien und Dalmatien auf Hippuritenkalk (oberer Kreide) und auf Nummulitenkalk auf. In der Krimm, in Klein-Asien und in Persien sind sie ebenfalls bekannt.

Paläontologie.

Schon die ersten Jurageologen entdeckten in den mit Bohnerzton erfüllten Kalkspalten der Solothurner Steinbrüche Säugetierzähne, welche Cuvier mit denjenigen von *Palæotherium* aus dem eocänen Parisergypse identifizierte. Später fanden Strohmeier, Gressly und Pfarrer Cartier in der Umgebung von Obergösgen und von Egerkingen isolierte Zähne und Kieferfragmente, welche H. von Meyer im Neuen Jahrb. für Miner., Jahrg. 1846 als *Lophiodon* nebst anderen Arten des Parisergypses bestimmte. Von dem Moment an bis 1885, also während fast 40 Jahren, sammelte Pfarrer Cartier fortwährend in den Steinbrüchen zu Oberbuchsiten und Egerkingen das Material, das von Rütimeyer in zwei wertvollen und interessanten Abhandlungen, die ältere von 1862 im 19. Bde. der Denkschr. der Schweiz. naturf. Gesellschaft, die neuere von 1891 in den Abhandl. der Schweizerischen paläontolog. Gesellschaft, Bd. 18 beschrieben und abgebildet wurde¹⁾.

Etwas später als in Obergösgen und Oberbuchsiten wurden am Mormont bei La Sarraz in den Steinbrüchen von Entreroches, welche hier nicht dem Jurakalke, sondern dem Urgon, also über dem Neocom gehören, ebenso in rotem Bohnerzton und den ihn begleitenden Kalkbreccien zahlreiche Knochenfragmente von eocänen Säugern, Sauriern, Schildkröten und Schlangen gefunden, welche Pictet, Gaudin und De la Harpe schon 1857 und in einem Supplement von 1869 beschrieben. Paläotherium-Zähne wurden dann auch im Bohnerzgebilde des Berner Jura und zwar in den Stollen der Eisengruben selbst durch J. B. Greppin gefunden, was das eocäne Alter der Bohnerzformation gegen frühere Ansichten feststellte.

Auf der schwäbischen Alb, wo man auch zahlreiche Bohnerzgruben im Jurakalk ausbeutete, wurden nach O. Fraas in den 50er Jahren, besonders bei Frohnstetten NW. Sigmaringen, in einer 7 m breiten Grube über eine Million Zähne und Knochenfragmente von Säugetieren und Reptilien ganz sorgfältig gesammelt und bestimmt.

Die erste Arbeit Rütimeyers über die eocäne Egerkinger Fauna stellte schon 1862 einen Halbaffen (*Caenopithecus lemuroides*

¹⁾ Eine Revision der eocänen Säugetier-Fauna hat in letzter Zeit Herr Dr. H. G. Stehlin in den Abhandl. der Schweizer. paläontologischen Gesellschaft, Bd. 30 unternommen.

Rüt.), drei Carnivoren, einen Nager, 21 Dickhäuter, darunter sieben Lophiodon, als damalige Bewohner unseres Jura auf. Jetzt kennen wir im Bohnerzgebilde der Schweiz fünf Arten Schildkröten, zwei Schlangen, vier Saurier und ungefähr hundert sicher festgestellte Säugetiere, darunter sechzig Arten Ungulata oder Huftiere. Bei weitem sind *Palaeotherium* und *Lophiodon* die häufigsten unter ihnen. Daneben aber sind als interessante Erscheinungen fünf grosse Nager (Murmeltier- und Eichhörnchenartige Tiere), 12 Creodonten (darunter Zibetkatze und Hundartige Geschöpfe), drei Insektivoren, eine Fledermaus, zehn Halbaffen, sowie eine europäische Art des noch nicht sicher klassifizierten *Calamodon* eines höhern Sammeltypus. Rütimeyer kam ausserdem mit unserer schweizerischen eocänen Fauna gegen den amerikanischen Forschern zum wichtigen Schluss, dass die meisten eocänen Säugetiere sich sowohl und zur gleichen Zeit in Europa wie in Nord-Amerika (Wasatch, Uinta etc.), zeigen, was eine direkte Landbrücke zwischen der alten und der neuen Welt, sowie einen gemeinschaftlichen Ursprung der Fauna voraussetzt.

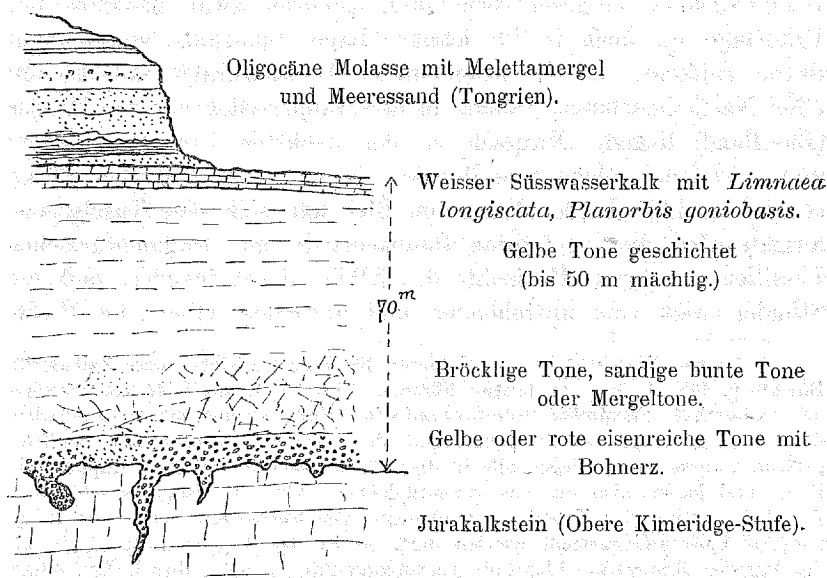
In Mittelfrankreich, im sogen. Quercy, Lot-et-Garonne, unweit Montauban und Cahors, wo ein ähnliches, doch wahrscheinlich auch noch etwas jüngeres Gebilde wie die Bohnerzformation vorkommt, hat Filhol (1876—1884) 58 Säugetiergenera nachgewiesen, von denen 25 sich im Parisergyps und darunter zwei Halbaffen wiederfinden. Hier sind neben eocänen Palaeotherien auch schon Huftiere, wie *Amphitragulus*, *Anthracotherium* und *Aceratherium* vertreten, welche das Oligocän sonst charakterisieren. Die französischen Vorkommnisse liegen auch in einem eisenhaltigen Bolus, doch sind dort Phosphoritknollen, welche manchmal ganze Skelette umschliessen, die Regel, während bei uns nur zerstreute und fragmentierte Knochen und Zähne gefunden werden. Bedeutungsvoll sind auch dort wie bei uns die Sumpfschnecken (*Limnaea* und *Planorbis*), sowie *Charasamen*, die süsswasserliebenden Armleuchter, welche Landgewässer und keine marine Gewässer beweisen. Von Pflanzen ist sonst im Bohnerzgebilde gar nichts ausfindig gemacht worden.

Die Tiere, welche wir im Bohnerzgebilde aufgezählt haben, die Tapirartigen Paläotherien, die Lophiodonten und besonders die Halbaffen, die Saurier, Krokodile, die 3 m langen Python-

schlangen von St-Loup (von Morlot entdeckt) zeugen von einem entschieden tropischen Java- oder Madagaskarartigen Klima der Eocänzeit in Mitteleuropa. Ferner nehmen die französischen Geologen an, dass die Tiere der Phosphorite vom Quercy durch Gas-Emanationen in sumpfigen Morasten, oder in der Nähe von Mofetten getötet und direkt vom Tonschlamm an Ort und Stelle umhüllt und nicht weiter transportiert worden sind.

Stratigraphie.

Diese Verhältnisse mögen sich in der Schweiz und an der schwäbischen Alb zum Teil wenigstens auch ähnlich vorgefunden haben. Doch ist bei uns ein Transport schon durch die Fragmentierung der Knochen, dann auch durch die stratigraphisch-petrographische Zusammensetzung der Bohnerzsedimente sehr wahrscheinlich gemacht. Fassen wir zunächst diese Zusammensetzung etwas näher ins Auge. Ein Schacht im Delsberger Tal, wo die Bohnerzformation am typischsten entwickelt ist, zeigt folgende Schichtenreihe:



Die Sande können sich bis in die Höhe des Süßwasserkalkes stellenweise einschieben. In anderen Stellen erfüllen sie auch und

ausschliesslich die Spalten des Jurakalkes. Unmittelbar daneben kann auch wieder eine Spalte mit Bohus und Eisenkonkretionen sich vorfinden. Man beobachtet in einzelnen Fällen Jurablöcke und Breccien im Kontakt mit dem Jurakalk, dann auch Kieselknollen mit Jurassischen Versteinerungen, die ganz entschieden aus dem Jurakalk herausgewittert sind. Die Tone treten auch stellenweise zurück und sind durch kalkige Mergel und Kalke mit zerstreuten Bohnerzkonkretionen ersetzt. Diese Bohnerzkalke sind sehr bemerkenswert und können vom eigentlichen eocänen Süsswasserkalk mit *Limnaea* und *Planorbis* nicht getrennt werden.

Alles führt darauf hin, die ganze Schichtserie vom eigentlichen Bohnerzlager bis zum obereocänen Süsswasserkalk in eine einzige lacustre Formation zusammenzufassen, die, wie gesagt, wegen *Palaeotherium*, *Limnaea longiscata*, *Planorbis rotundatus* (= *P. goniobasis* Sandb.) etc. dem Parisergyps im Alter gleichkommt.

Auch findet man im Bohnerzton die sonderbarsten Einschlüsse, wie fremde Petrefakten und Gesteine. Die Kalkblöcke, welche im Bohnerzgebilde eingeschlossen sind, gehören zwar meistens der Unterlage an, doch ist ihr jetziges Lager manchmal stundenweit davon entfernt. So die ausgelaugten Weiss-Jurakieselblöcke mit einer Nattheimerfauna, welche in der Huppererdegrube von Lausen (Baselland) liegen. Nirgends in der nächsten Umgebung findet man anstehend solche Kieselblöcke, welche zum Teil über 20 kg schwer sind¹⁾. In der Nähe von Biel hat sich eine Tasche von ausgelaugten und verfärbten Gaultmergeln mit fragmentarischen Fossilien sämtlicher Horizonte des Albien durcheinander, mehrere Stunden weit vom anstehenden und normalen Albien der West-

¹⁾ In der Huppergrube im Kohlholz bei Lausen (siehe diese Zeitschrift, Bd. 48, p. 468) haben im letzten Sommer 1904 die Grabarbeiten nesterweise und massenhaft *Planorbis pseudoammonius* (Voltz) Quenst. mit ihren Schalen, dann auch die fraglichen Insektenkokkone der eocänen Süsswasserkalke zu Tage gefördert. Diese Nester liegen alle in dem Süsswasserkalk zwischen Hupper und Bolus und lassen also auf das vor-mittleocäne Alter des Huppers schliessen. Das heisst wenn der Hobelkalk demjenigen von Buchweiler oder von Longpont bei Paris gleichgestellt werden darf, so ist der Hupper nicht jünger als das Parisien (Lutétien). *Planorbis pseudoammonius* kommt aber in den Alpen und in Südfrankreich auch noch auf der Höhe des Kalkes von St-Ouen vor. In diesem Falle nun wäre der Hupper wie der eigentliche Högantsandstein Bartonien. Auch *Nanina Voltzii* (Desh.) Sandb. kommt im Kohlholz seltener aber als in Buchweiler vor.

schweiz entfernt, vorgefunden. Auch sind Neocomfossilien schon seit vielen Jahren von Gressly und Lang in der Huppererdegrube von Lengnau bei Grenchen und zwar im verkieselten Zustande, gesammelt worden. Diese Fundstelle ist auch weit entfernt vom anstehenden Neocomien von Twann und Neuenstadt. Epigenetisierte verkieselte Portlandfossilien kennt man im Kontakt mit dem Quarzsande der Bohnerzformation, z. B. aus der Umgebung von Pruntrut (Roche de Mars). Die Neocommergeltaschen am linken Ufer des Bielersees sind auch nichts anderes als zum Teil ausgelaugte und oxydierte Fetzen einer früheren und weit verbreiteten Decke von Neocom als Eindringlinge in die kalkige Unterlage. Bei Fuet, mehrere Stunden nördlich von Biel, wo sonst kein Neocom mehr beobachtet wird, haben sich in einer Quarzsandgrube oxydierte Neocommergel und Kalke mit vielen Fossilien des Neocomien und des Albien vorgefunden. Alle diese Erscheinungen stehen im innigsten Zusammenhange mit dem eigentlichen Bohnerzgebilde und können auf keine andere Ursache wie jene zurückgeführt werden.

Entstehungsweise.

Fragen wir jetzt nach der Entstehungsweise des Bohnerzes und der Bohnerzformation, so werden wir nach dem bereits Gesagten zunächst ein Bild unseres Landes zur Eocänzeit uns vorzustellen haben. Die Bohnerzbildung wurde anfangs der 20er Jahre von Brongniart in Paris auf eine hydrothermale Erscheinung zurückgeführt. Tonerde, Eisenoxydhydrat, Quarzsand sollen aus dem Innern der Erde mit heissem Wasser emporgesprudelt und zum Teil in den Spalten, zum Teil auch als Decke der Jurassischen Unterlage sich abgesetzt haben. Das Eisenoxydhydrat hätte sich gleich in Bohnen, wie ungefähr die Karlsbader Oolithe konkretioniert. Diese Theorie entwickelte besonders Gressly in seinen „Observations géologiques sur le Jura soleurois“. Da Thurmann auch die Jurafaltung (resp. Hebung) gleich nach Absatz der Juraformation durch vulkanische Kräfte entstehen liess, so waren für Gressly die Bohnerztone und Sande gleich durch die kraterartigen Jurawannen aus dem Erdinnern gespiesen worden und sollten schon zur Neocomzeit in die Juramuldentäler zur Ablagerung gelangt sein. Dass dabei die Quarzsande mitgeführtes Buntsandsteinmaterial darstellten, lag auf der Hand.

Jedoch würde man in den Sätteln des Doggers oder in den tiefen Keuperwannen nach Bohnerzton und nach den Röhren, wodurch das Material gekommen sein soll, umsonst suchen. Auch weiss man jetzt ganz genau, dass die das Bohnerz bedeckende Molasse die Faltung des Juragebirges erst nach Ende der Miocänzeit mitgemacht hat, somit waren zur Zeit der Ablagerung der Bohnerzgebilde die Sättel und Mulden des Jura noch nicht da und wenn wir heute das Bohnerz hauptsächlich in den Mulden des Jura antreffen, so sind es nur noch Erosionsrelikte, welche durch ihre tiefere Lage und ihre Bedeckung mit Molasse vor der Auswaschung geschützt wurden. Aus dem Vorkommen einzelner zurückgebliebener Taschen im Jurakalk mehrerer Gewölbe dürfen wir sicher annehmen, dass die Bohnerzformation sich ursprünglich über alle Juraberge, wie auf der schwäbischen Alb, erstreckt hat und vor der Faltung des Jura eine kontinuierliche Decke über einem grossen Flachlande bildete, die sich weit über die Nachbarländer fortsetzte. Diese Decke ist nach ihren fossilen Knochen und Mollusken eine lacustre Bildung der Obereocän-Zeit, wie wir bereits gesehen haben.

Nun müssen wir jetzt noch einen Schritt weiter gehen. Das Material der Bohnerzformation stammt nicht aus dem Erdinnern, wie man früher annahm, sondern die vielen Einschlüsse mit Fossilien älterer Gesteine, sowie die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Tone und Quarzsande zwingen uns, dieses Material aus einer *Terra-rossa* oder dem Verwitterungsprodukte von Gault-, Hils- und Malmgesteinen der umliegenden Reviere während der obercretacischen und der Untereocän-Zeit, anzunehmen. Zur obern Kreidezeit war der grösste Teil der Schweiz nördlich des alpinen Kreidemeeres, die schwäbische Alb, Burgund und das Saonetal ein ganz flaches Festland. Vogesen und Schwarzwald bildeten eine nur wenig erhöhte Landmasse. In diesen Regionen waren grosse Strecken von Jurakalk, ja wahrscheinlich in den westlichen Gebieten Strecken von Gaultsedimenten vorhanden und diese Decken wurden lange Zeit einer tropischen Verwitterung ausgesetzt. Es bildeten sich aus den pyritreichen Gaultmergeln eisenreiche Tone, aus dem Grünsand des Albien reinere Quarzsande und sonstige Rückstände, welche wie die heutige *Terra-rossa* und das Laterit in den Tropen den Boden bedeckten. Dass unser Boden bewaldet war, dürfen wir ebensogut wie zur spätern Oeningerzeit annehmen.

Die sanfte Neigung sämtlicher Schichten des Untergrundes gegen das Kreidemeer der Alpen musste das an Kohlensäure reiche Sickerwasser gegen Süden in den durchlässigen Jurakalkschichten führen und so entstanden schon zur obercretacischen Zeit die zahlreichen Löcher, Schlote und verzweigten Kanäle, welche in den Ober-Juraschichten, mit Bolus erfüllt, an vielen Orten zu beobachten sind. Dass stellenweise Eisensäuerlinge (Quercy), Sprudeln und Mofetten sich auch bilden konnten, ist selbstverständlich nicht ausgeschlossen. So sind die Schlote und grössern Taschen wahrscheinlich durch Sprudeln, die kleinern aber auch durch Karrenbildung auf Jura- und Urgonkalk vor der Obereocän-Zeit auf unserem Festlande zu erklären. Eine Zirkulation von Mineralwasser im Malm und nicht im Dogger gewinnt dadurch Wahrscheinlichkeit, dass beide durch zwei mächtige Mergelkomplexe, das Oxfordien und das Argovien, getrennt sind und dass der Malm noch nicht wie heute zerstückelt war. Am Ende der Untereocän-Zeit sank stellenweise der Boden in verschiedene Tertiärbecken und dann ging die Sedimentierung der Bohnerzgebilde aus den mit Terra-rossa und Quarzsand bedeckten Gebieten vor sich. Also Schlotenbildung, Erosion und Verwitterung sind zur obercretacischen- und Untereocän-Zeit und dann Ausfüllung der Taschen, Bohnerzbildung und Sedimentierung in obereocänen Bohnerzgewässern sind getrennt und unabhängig von einander vor sich gegangen. Diese beiden Phasen muss man zunächst deutlich auseinander halten.

Dann sind die Quarzsande nicht des gleichen Ursprungs wie das Bohnerz selbst. Die beiden Ablagerungen sind auch nicht gleich alt. Zu unterst liegt immer Quarzsand und Huppererde; erst darüber wurde Bolus und Bohnerz abgesetzt. Doch gibt es Stellen, wo sie sich gegenseitig vertreten, ohne dass unsere Altersbestimmung dadurch gestört würde. Der Quarzsand ist auch nachträglich öfters mit dem Bolus aufgewühlt worden. Sein Material besteht aus kleineren eckigen und grösseren abgerundeten Quarzkörnern und Geröllen, welche ebensogut dem Albien-Grünsand als dem Buntsandstein entstammen. Dann bemerkt man in den grösseren Quarzsandgruben (so in Lausen, Baselland) die Spuren von Mineralwasser-Wirkungen, welche ausgelaugte Mollusken-schalen mit Quarzkristallen austapeziert, an anderen Stellen sogar Fluoritkristalle abgesetzt haben. Diese Wirkungen sind natür-

lich nach der Ausfüllung der Taschen mit Quarzsand und Einschlüssen vor sich gegangen. So können hier wenigstens Mineralwasser-, vielleicht Thermalwasser-Wirkungen nicht ganz ausser acht gelassen werden.

Die Entstehung der roten, gelben, weissen Bolus-Arten ist auch nach ihrer Lagerung verschieden. Die gelben und weissen kaolinartigen Tonarten sind in der Nähe des Quarzsandes durch Auslaugung und Entfärbung der normalen roten Tone entstanden. Diese letzteren machen bei weitem die grössere Masse der Bohnerzformation aus. Auch die sogenannten Bauxite von Südfrankreich gehören hieher. Es gibt Stellen, wo die Bohnerze ziemlich stark mit Pyrit, Gyps, Strontianit, Baryt imprägniert sind und dann gehen die Tone in normal geschichtete Sedimente, ja sogar in Süsswasserkalk über. Man muss den roten Bolus als ein Sediment betrachten, das in Lagunen und tropischen Sümpfen in Mitteleuropa an den Küsten des Eocänmeeres, zuletzt geschichtet wurde. Sein Material stammt, wie gesagt, zum grössten Teil, wie auch das anderer Sedimente aus Laterit und Terra-rossa, die von den cretacischen Revieren, auch möglicherweise aus den damaligen Urgebirgs- (Gneiss und Granit)-Revieren ausgewittert wurde. Saure Gewässer, wie die jetzigen huminsauren Gewässer verschiedener finnländischer Seen, welche Limonit, Rasenerze absetzen, erklären auch das fast gänzliche Fehlen von Wassertieren im Bolus der Bohnerzformation. An tropischen Küsten, in seichten Buchten und bei der Ebbe sich bildenden Wasserlachen, worin eisenhaltige Wasser gelangen, haben sich auch Agglomerate von Eisenoxydhydratflocken beobachten lassen.

Das Bohnerz selbst wurde vielfach mit dem Rasenerz in Bezug auf seine Entstehung verglichen. Einige Praktiker haben die Vermutung ausgesprochen, das Bohnerz könnte sich jetzt noch im eisenreichen Bolus bilden und die erschöpften Gruben nach einer gewissen Zeit wieder ausbeutungsfähig machen. Ein solcher Irrtum, wie derjenige, der das Bohnerz einem Meteoritregen zuschreibt, braucht nicht einmal widerlegt zu werden. Sie widersprechen allen Strukturverhältnissen unseres Mineralen.

Es gibt natürlich zweierlei Erze. 1. Solche, die dem eocänen Bolus angehören und mit ihm auch entstanden sind und 2. solche, welche auf sekundärer Lagerstätte in oligocänen und in miocänen

Ablagerungen durch Fortschwemmen und Wiederablageren vom primären Material gelangt sind. So die sogenannten Reinerze mit jurassischen Geröllen und fossilen Knochen verschiedener späteren oder älteren geologischen Epochen auf der schwäbischen Alb, in der Haute-Saône etc. Auch haben sich ganz ähnlich, wie zur Eocän-Zeit, in und mit spättertiären und quaternären Tonen wiederum Bohnerze bilden können (Saônetaal). Zwischen den Geröllen der verschiedenen Nagelfluhartens sind sie aber sicher nicht entstanden.

Keine heutige Quelle vermag Bohnerz abzusetzen. Kalte Eisensäuerlinge (so im Kaplande) setzen in unmittelbarer Nähe ihrer Mündung zwar Eisenoxydhydrat ab, aber nicht in Form von Konkretionen oder Pisoolithen. Heisse Säuerlinge setzen zuerst beinahe reines Kalkkarbonat ab, später untergeordnete Quantitäten von Eisenoxydhydrat. Heisse Quellen haben somit das Bohnerz auch nicht gebildet. Die Bohnerztaschen zeigen auch niemals eine Mutterquelle-Mündung mit erkennbarer Randablagerung. Tausende von Taschen sind untersucht worden und für eine solche Ausbreitung (über 1000 deutsche Quadratmeilen) wie diejenige der Bohnerzformation hätten auch wohl tausende von Quellen gewesen sein müssen, welche zu ihrer Zeit mit der Darstellung des Bohnerzes beschäftigt gewesen wären.

Die Bohnerzkörner sind in ihrer Struktur und chemischen Zusammensetzung grosse aber wahre Eisenoolithkörner und sind auch, wengleich nicht wie diejenigen im Meerwasser, auf eine ähnliche Weise, wie überhaupt Oolithe, konkretioniert worden. Man hat die Vermutung ausgesprochen, dass eigentümliche mikroskopische Organismen (Algen) dabei tätig waren (Bleicher in Nancy). Deffner lässt sie aus Pseudomorphosen nach Eisenkarbonat, nach Eisensilikat, nach Kalkkarbonat, ja sogar aus Pseudomorphosen nach Schwefeleisen entstehen. Eine Epigenie von Limonit nach Calcit lässt sich in der Tat z. B. bei uns im Bohnerz des Kantons Aargau beobachten. Doch sind die erwähnten Pseudomorphosen nach Schwefeleisen rein theoretisch, indem sie sich nur auf den bohnerzführenden Pyritmergeln von Dauendorf im Unter-Elsass stützen. Die Umwandlung von Pyrit in Limonit hätte dann nach Deffner die Gypsausscheidungen der Bohnerzlager erzeugt. Doch sind diese Vorkommnisse viel zu selten als dass sie eine so allgemeine Pyrit-Bildung voraussetzen könnten. Die einzelnen Gyps-

krystalle, die nierenförmigen Ausscheidungen in Rissen und Spalten, sowie der Fasergyps, der das Bohnerz hie und da umgibt, sind wohl auf die darüberliegenden pyritreichen Tonmergel des Oligocäns zurückzuführen. Eine ähnliche Imprägnation beobachtet man in Oberdorf bei Solothurn am Südportal des Weissenstein-Tunnels in den die Bohnerztone überlagernden fischführenden Dysodilschichten, welche mit den darüberliegenden Hydrobienkalken die oberste palustre Ablagerung des Eocäns darstellen. Hier scheint aber der Pyrit der Papierkohle selbst anzugehören und er hat stellenweise zwischen den Dysodilblättern viele kleine Selenit-Krystalle epigenetisch gebildet.

Im Bohnerz der schwäbischen Alb hat die chemische Analyse 50—70 % Eisenoxydul, 2—3 % Manganoxyd, 10—30 % Ton und Sand, 2 % (ausnahmsweise 4 %) Kalkkarbonat und 10 % Wasser nachgewiesen. Ausserdem wurden im Bohnerz von Mietesheim (Unter-Elsass) Schwefel 0,4 %, Phosphorsäure bis 2 % und Spuren von Arsen gefunden.

Nach L. R. von Fellenberg wurden im Bohnerz von Delsberg (Courroux, Cerneux und Grossefin) folgende Substanzen in geringen Quantitäten gefunden: Manganoxydul, Bleioxyd, Zinkoxyd, Chromoxyd, Vanadinsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure. Die zinkischen Ofenbrüche von Choindez enthielten nach demselben: Zinkoxyd 94—98 %, Bleioxyd bis 3 %, Eisenoxyd 1,5 %, Eisenoxydul 0,7 %, Kohle 0,7 %, Schwefel 0,02 %, Kieselerde 0,9 %.

Bei der Demolierung von alten Öfen im Berner Jura fanden sich als Sublimate in den feuerfesten Steinen der Ofenwände nach Quiquerez: Silberhaltiges Blei, Zink und Titansäure in schönen quadratischen Kriställchen. Alle diese Körper sind natürlich in geringen Quantitäten auch in dem Bolus enthalten. Man hat sie sogar in den als Flussmittel gebrauchten Eisenoolithen der Juraformation auch nachgewiesen. Sie liefern uns nur den Beweis, dass die Bohnerzsubstanzen aus anderen Sedimenten entstanden sind; doch wenn sie sich in den Bohnerzkörnern konzentriert finden, sprechen sie für einen gemeinsamen Ursprung des Bohnerzes mit den marinen Eisenoolithen. Letztere werden von einigen Forschern der Wirkung von Organismen zugeschrieben ¹⁾.

¹⁾ Bleicher: Bull. Soc. sc. Nancy, 2^e sér., t. 13, p. 32—42.