

# Beiträge zur Kenntnis der Spaltenausfüllungen im weissen Jura auf der Tübinger, Uracher und Kirchheimer Alb.

Von **Karl Weiger** aus Oberkochen.

Mit Tafel I und 10 Textfiguren.

## Einleitung.

Die von dem hellen Jurakalk durch ihre dunkle Färbung scharf abstechenden Lehmlagerungen in den Spalten und Klüften der Schwäbischen Alb erregten schon früh das Interesse der Albbewohner. Hauptsächlich der tiefrot oder ockergelb gefärbte und sehr feine Bolus wurde schon im 16. Jahrhundert eifrig gesucht und als Medikament, als „Axuntia solis“ oder als Terra sigillata verhandelt. Besonderen Ruf genoß der Bolus „ex diciona Uracensi“, der von dem abergläubischen Volk zur Heilung von allerlei Schäden und Gebrechen an Mensch und Vieh für teures Geld erstanden wurde<sup>1</sup>. Mit dem Fortschritt der Kultur ging auch dieser eigentümliche Gebrauch des Bolus zurück, obwohl nicht ausgeschlossen sein dürfte, daß derselbe auch heute noch als „Sympthiemitel“ oder etwas Ähnliches verwendet wird. Später wurden die in den Spalten angehäuften Materialien mehr praktisch verwertet, der Bol wurde und wird heute noch als Farbe oder als Glasur für Töpferwaren benützt, die weiße, eisenfreie Abart des Bolus, die sogen. Walkererde, diente zum Walken der Tücher oder wurde zur Fabrikation von Geschirr verwendet, wie heute noch die „Treffensbucher“ Hafnererde. Die feinen braunen Spaltenlehme eigneten sich ebenfalls gut zur Herstellung gröberer Tonwaren. Die bohnerzführenden dunkelbraunen Lehme wurden der Gegenstand lebhaften Bergbaus. Wie HÖSLIN<sup>2</sup> schreibt, wurde bei Seeburg in der Nähe von Uhenfels gelbes erzhaltiges Gebirg abgebaut — es wird wohl Bohnerzlehm gewesen

<sup>1</sup> Weiteres über die Verwendung des Bolus s. S. 197.

<sup>2</sup> Beschr. d. wirt. Alp. 1798. S. 323.

sein — auch wurde hier nach Ocker gegraben. Die Basalte vom Eisenrüttel verlockten durch ihre schwarze Farbe zum Abbau auf Eisen, der jedoch bald wieder aufgegeben wurde. Vielfach ließen sich die Leute durch das gelbe Aussehen des Gesteins und Lehms zu der Meinung hinreißen, es sei Gold darin enthalten, was dann zu einem ebenso hartnäckigen wie fruchtlosen Bergbau führte. So wurde in der Falkensteiner Höhle in den dortigen bohnerzführenden Lehmen mehrmals von Grabenstetter Bürgern nach Gold geschürft. RÖSLER<sup>1</sup> erzählt, wie Betrüger dem sandigen Lehm Goldkrätze beigemischt und so die Leute zu einem ergebnislosen Bergbau veranlaßt haben. Nachdem 1777 ein Grabenstetter Bürger sein Leben in dieser Höhle eingebüßt hatte, wurde 1784 der Falkenstein geschlossen. Trotzdem aber wurde gleich nachher, wieder infolge betrügerischer Beimengungen von Gold- und Silberstaub, dort gearbeitet. Ja 1826—27 nahmen Bauern von Grabenstetten die Sache nochmals auf. Auch in der Sibyllenhöhle auf der Teck soll früher nach Gold gegraben worden sein<sup>2</sup>. Anfang bis Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden dann die Bohnerze hauptsächlich auf der westlichen Alb systematisch ausgebeutet und in den Fürstenbergischen und Hohenzollerischen Hüttenwerken verschmolzen. Doch ging dieser Hüttenbetrieb in den 50er Jahren mehr und mehr zurück und schließlich ganz ein, da das Erz sehr unregelmäßig vorkam und vielfach ausging; andererseits machte sich auch ein Mangel an billigem Brennmaterial fühlbar. So liegen denn die Bohnerzgruben seither völlig still und sind zum größten Teil ganz verfallen und zugewachsen.

Für die schwäbische Geologie repräsentieren die Spaltenausfüllungen großen Wert, insofern als uns hier die letzten Residua längst von der Oberfläche verschwundener Schichten in Gestalt von Lehmen erhalten sind. Leider sind diese Reste, die den denudierenden Agentien der Atmosphäre Widerstand geleistet hatten, nur selten rein erhalten, und lassen dann direkt auf die Zusammensetzung ihres Muttergesteins schließen; vielmehr sind diese Lösungsrückstände oft durch mehrfache Umlagerung und Bearbeitung durch fließendes Wasser entstellt und mit anderen oft ganz fremdartigen Bestandteilen vermengt.

Immerhin gestattet die Bearbeitung der Spaltenausfüllungen ganz interessante Einblicke in die Vorgänge auf der Hochfläche der

<sup>1</sup> Beytr. z. Naturgesch. d. Herzogt. Wirt. 1788, II. S. 226.

<sup>2</sup> E. Fraas, Begleitworte zu Blatt Kirchheim. 1898. S. 37.

Alb während der Zeit zwischen Jura und Diluvium. Aus diesem Grunde wurde mir auch von meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. VON KOKEN die Anregung zu vorliegender Arbeit gegeben. Ich möchte deshalb an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. VON KOKEN meinen wärmsten Dank aussprechen für die mannigfache Unterstützung mit Rat und Tat, die ich bei der Ausarbeitung dieses Themas von seiner Seite erfahren durfte. Desgleichen danke ich Herrn Prof. Dr. PLEININGER in Hohenheim, sowie Herrn Prof. Dr. E. SOMMERFELD in Tübingen bestens für ihre liebenswürdige Hilfe besonders bei Bestimmung der Mineralien.

Das Material zu dieser Arbeit wurde fast ausschließlich von mir selbst gesammelt, nur wo die Aufschlüsse schon zu stark verschüttet oder überhaupt nicht mehr zugänglich waren, wie z. B. bei den Genkinger Sanden und bei den Braunkohlenablagerungen, war ich auf Material der Sammlungen des geologischen Instituts in Tübingen angewiesen. Besondere Schwierigkeiten bereitete die Altersbestimmung hauptsächlich deshalb, weil, abgesehen von der schon längst bekannten Bolnerzfauna, fast keine Reste von Lebewesen gefunden werden konnten.

Bei den quantitativen Analysen wurden nur die wesentlichsten Bestandteile bestimmt. Bei sämtlichen Lehm- und Sandproben habe ich folgende Untersuchungsmethode eingehalten. Eine Probe von 40—50 g wurde mit Wasser längere Zeit ausgekocht, dann geschlämmt und aus dem sandigen Rückstand mit dem Magneten der Magnetit ausgezogen. Dann wurde mit Salzsäure gekocht und aus dem Rückstand mit THOULET'scher Lösung die Schwermineralien ausgefällt; letztere wurden zu Dauerpräparaten in Kanadabalsam eingebettet, von den leichten Mineralien wurden nur wenige Dauerpräparate angefertigt. Es liegen mir im ganzen ca. 120 mikroskopische Präparate vor, darunter einige Dünnschliffe von Sandsteinen.

In Anbetracht der großen Ausdehnung der Alb war es mir natürlich nicht möglich, mich auf das ganze Gebiet zu verbreiten; ich habe mich daher nur auf die Spaltausfüllungen auf den Blättern Tübingen, Urach und Kirchheim des topogr. Atlases von Württemberg 1 : 50 000 beschränkt. Vorliegende Arbeit soll daher nur ein Beitrag sein zur Kenntnis der „Spaltenformation“ auf der Albhochfläche und zugleich eine Anregung zu weiteren derartigen Untersuchungen. Dann erst wird durch eine zusammenhängende Be-

arbeitung auch ein endgültiges Resultat über die Schicksale der Alb während Kreide- und Tertiärzeit, sowie ein eingehender Vergleich mit den angrenzenden Juragebieten erzielt werden können.

### Allgemeines.

Die Neigung zur Bildung von Spalten und Hohlräumen ist eine hervorragende Eigenschaft der Kalksedimente. So sind die Jurakalke in Frankreich und der Schweiz, in Schwaben und Franken, so auch die Kalke in Oberkrain und im Karstgebiet von zahlreichen gangförmig auftretenden Spalten und Höhlen oder schlot- und trichterförmigen Einsackungen durchsetzt, die entweder leere Hohlräume darstellen oder aber mit verschiedenartigem Material ganz oder wenigstens zum größten Teil angefüllt sind. Diese Füllmasse ist auf unserer Schwäbischen Alb gar mannigfaltiger Natur. Einerseits sind es Lehme, die bohnerzfrei sind, oder nur wenig Bohnerz enthalten und schließlich in echte Bohnerzablagerungen übergehen, andererseits feine Tone mit Braunkohlenspiuren und fremdartige Quarzsande. Mögen letztere vielleicht auch von anderwärts hertransportiert worden sein (worüber s. u.), so haben wir in den braunen Lehmen mit oder ohne Bohnerz sicherlich einheimisches Material vertreten, also aufbereiteten obersten Jura, dessen Kalkgehalt ganz durch die atmosphärischen Wasser entführt wurde, so daß nur noch die unlöslichen eisenhaltigen Tonbestandteile zurückgeblieben sind. Auffallend mag allerdings der hohe Eisengehalt hauptsächlich der Bohnerzlehme vorkommen und die Frage aufwerfen, ist es möglich, daß diese Menge Eisen — die Lehme enthalten durchschnittlich 6—10%, die Bohnerze 55—65%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — einzig und allein aus dem obersten Jura stammen soll. Zum Beweise diene folgendes:

1. Löst man Kalkstein unseres obersten weißen Jura in kalter verdünnter Salzsäure auf, so erhält man einen ansehnlichen lehmigen Rückstand, aus Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd nebst etwas Phosphorsäure bestehend. Aus denselben Bestandteilen setzen sich auch die Spaltenlehme zusammen, und zwar enthält im Durchschnitt oberster W. J.-Kalk 2—10% Kieselsäure und Tonerde, 0,5%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sowie eine Spur Phosphorsäure, der Verwitterungslehm 70—72% unlöslichen Rückstand, 6—10% Eisen und 0,4% Phosphorsäure.

2. Die Analyse von verschiedenen Proben von Kalksteinen des obersten weißen Jura<sup>1</sup> ergab außer kalkigen und dolomitischen Bestandteilen:

	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{H}_3\text{P O}_4^2$
1. W. J. $\epsilon$ Kalkwerk Münsingen . . . . .	3,42	0,8	Spur
2. W. J. $\zeta$ von Gächingen . . . . .	11,2	0,62	Spur
3. W. J. $\epsilon$ Sirgenstein . . . . .	2,18	0,22	Spur
4. W. J. Dolomit Ochsenwang . . . . .	1,41	0,32	Spur
5. W. J. $\delta$ Weißensteiner Steig . . . . .	—	0,2	Spur
6. W. J. $\beta$ Plettenberg . . . . .	—	0,24	—

Obige Zahlen zeigen im allgemeinen eine Zunahme des Eisengehaltes in den oberen Schichten, was auch schon äußerlich am Gestein zu sehen ist. Man kann ja in vielen Fällen direkt aus der gelblichen Färbung des Gesteins und noch mehr aus dem rotbraunen Verwitterungslehm auf W. J.  $\epsilon$  Qu. schließen. Ob diese Zunahme nach oben allgemein oder bloß lokal zutrifft, dürfte eine eingehende petrographische Untersuchung des weißen Jura ergeben. Immerhin aber ist man zu der Annahme berechtigt, daß die obersten W. J.-Schichten, die schon während der Kreide- und Tertiärperiode der denudierenden Tätigkeit des Wassers ausgesetzt waren, größeren Eisengehalt besaßen, und dann einen stark eisenschüssigen lehmigen Rückstand hinterließen. Darauf weisen auch die „zusammengesetzten“ Spaltenlehme hin (s. u. S. 201).

3. Praktische Versuche haben ergeben, daß sich aus den Lösungsrückständen durch Kneten mit Wasser wirkliche künstliche Lehme darstellen lassen. Das Resultat war:

1. 650 g W. J. $\zeta$ von Gächingen = 68 g grünlichbrauner Lehm	= rd $\frac{1}{10}$ ''	} Menge der Gesteins-
2. 710 g W. J. $\epsilon$ „ Münsingen = 34 g gelbbrauner „	= rd $\frac{1}{20}$ ''	
3. 560 g W. J. $\epsilon$ „ Sirgenstein = 22 g „	= rd $\frac{1}{25}$ ''	
4. 580 g W. J. $\epsilon$ $\delta$ „ Ochsenwang = 27 g „	= rd $\frac{1}{22}$ ''	

Was die Volumverhältnisse anbetrifft, so betrug bei der Probe von Gächingen das Volumen des resultierenden Tones ebenfalls  $\frac{1}{10}$  bei der Probe vom Sirgenstein =  $\frac{1}{20}$  bis  $\frac{1}{25}$  der angewandten Gesteinsmenge. Nimmt man ferner als durchschnittlichen Eisengehalt für oberen Weiß-Jura-Kalk =  $0,5\%$ , für Verwitterungslehm =  $10\%$  an, so wäre zur Bildung des eisenschüssigen Lehms ungefähr

<sup>1</sup> Ich bediene mich im folgenden stets der Bezeichnung im Sinne Quenstedt's.

<sup>2</sup> H. Fehling, Über den Gehalt einiger Kalksteine an Alkalien und Phosphorsäure. Dies. Jahresh. V. 75. Sowie ebenda VII. 95.

die 20fache Gesteinsmenge erforderlich. Dies würde auch mit obigen Zahlen für das Volum- und Gewichtsverhältnis stimmen. Es wäre also zur Bildung einer 1 m starken Lehmablagerung eine Gesteinschicht von ca. 20 m Mächtigkeit erforderlich. Zur Bildung der Bohnerzletten mit 60—70% Eisengehalt wäre dann eine noch ca. 6mal so mächtige Kalkschicht erforderlich; doch dürfte dieser Eisengehalt eher von obersten stark Eisen oder Schwefelkies führenden Schichten von geringerer relativer Mächtigkeit herrühren.

4. Die Spaltenlehme führen eine Menge zum Teil verkieselter Spongiennadeln und weisen die gleichen Schwerminerale auf, wie der oberste weiße Jura. Es ist nun leider praktisch nicht wohl möglich, die staubförmigen Mineralien aus den schleimigen, gallertartigen Lösungsrückständen annähernd quantitativ auszuschlämmen, auch Behandlung mit Alkali oder Flußsäure führte zu keinem befriedigenden Resultat. So viel wenigstens ist sicher, daß dieselben Mineralien wie in den Spaltenlehmen auch im Jurakalk nur in relativ ganz geringer Menge suspendiert sind.

5. Die sogen. Terra rossa in den oberen Jurakalken Südfrankreichs und der Schweiz ist analog hierzu eingeschwemmter Lösungsrückstand.

Zu dem verwitterten Juramaterial treten meist nur lokal akzessorische Beimengungen und zwar:

1. vulkanisches Material,
2. fremdartige Quarzsande.

Bei den Explosionen der Tertiärvulkane unserer Alb wurde eine wenn auch nicht besonders große Menge von Asche ausgestoßen, die sich dann in der Nähe des Eruptionsschlotes niederschlug und mehr oder weniger den bereits bestehenden Verwitterungslehmen beigemischt wurde; andererseits bildeten die leichtzersetzlichen Basalttuffe rasch ein lehmiges Verwitterungsprodukt, das durch Wasser verschwemmt und mit den schon vorhandenen Lehmmassen vermischt wurde. Als Erkennungsmerkmal für vulkanisches Aschen- und Tuffmaterial gilt im allgemeinen das vorherrschende Auftreten von schwarzen Schwermineralien, also titanhaltiges Magnetit und schwarze Spinelle (Picotit, Pleonast), sowie Reichtum an Zirkon und Rutil nebst einigen hellen Granaten.

BRÄUHÄUSER<sup>1</sup> erwähnt schon das unerklärliche Vorkommen von Quarzsand mit gut gerundeten Körnern in den Schottern des Rand-

<sup>1</sup> Bräuhäuser, Diluvialbildungen der Kirchheimer Gegend, N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XIX. 1904. S. 141.

ecker Plateaus, der sich durch das Auftreten von Andalusit und Cyanit als etwas ganz Fremdartiges ausweist. Ob man es hier mit den Resten einer früheren Albüberdeckung oder mit allochton hertransportiertem Material zu tun hat, werde ich in dem Abschnitt über Sande abhandeln.

Bezüglich des Baus der Spalten kann man unterscheiden zwischen

1. einfachen vertikalen Spalten, die sich nach unten keilförmig verengern und an den Wänden starke Erosionsspuren zeigen; in den meisten Fällen hat kein Kalksinterabsatz stattgefunden;
2. horizontal nach den Schichtflächen verlaufende „Lager-spalten“, welche meist am Hangenden kleine Tropfsteinansätze tragen;
3. schlauchförmige Einsackungen meist in den Massenkalken, durch Auslaugung weicherer Gesteinspartien entstanden und
4. Spaltentektonisch gebaute Höhlen mit reichlicher Tropfsteinbildung, durch Auslaugung von Spalten entstanden.

Als frühere Höhlen sind auch sehr viele Bohnerzlagerstätten zu betrachten, die in-

folge Abtragung der oberen Schichten jetzt das Aussehen von klaffenden Spalten haben. So besonders auf der Salmendinger Gegend im Gebiet der  $\delta$ -Kalke. Abbildung 1 zeigt ein Schema für den Übergang einer Höhle in eine offene Spalte. So erklären sich am ein-

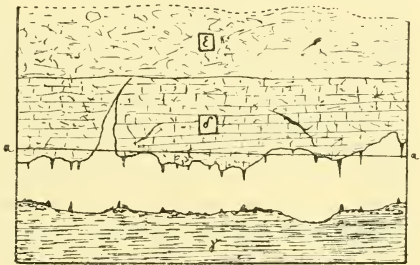


Abb. 1. Schema für den Übergang einer Höhle in eine offene Spalte. a—a jetzige Erdoberfläche.

fachen und natürlichsten die reichen Kalkspatabsätze am Salband der Bohnerzgruben auf dem Monk und im Burghalden bei Salmendingen, welche in früherer Zeit als Sprudelabsätze der warmen Bohnerzquellen betrachtet wurden. Meine Ansicht stützt sich auf Beobachtungen in den alten Bohnerzgruben im Burghalden, wo sich an einzelnen Partien der oberflächlich unterbrochenen Spaltenzüge noch die ursprüngliche Höhlendecke mit reichem Kalksinterüberzug und Stalaktitenansatz repräsentiert. Wohl mag es auffallen, daß nicht überall längs des ganzen Höhlenganges diese Tropfsteingebilde auftreten, ich führe als Analogie hierzu die

in den gleichen Schichten liegende Falkensteiner Höhle an, wo lange öde, tropfsteinleere Gänge mit Grotten von reichem Wasserzufluß, daher starkem Kalksinterabsatz abwechseln. Das Schicksal der Salmendinger Bohnerzspalten harrt auch dieser Höhle; sobald einmal die obersten Schichten vollends denudiert sind, werden an den höchsten Stellen der Höhle durch Einsturz der Decke oberflächlich Erdfälle sich bilden, durch die dann auf den schon vorhandenen lehmigen Höhlenboden weiteres Material aufgetragen wird. Ganz ähnlich darf man sich wohl in den meisten Fällen die Art der Eintragung der Füllmasse vorstellen, also allmählich, Schicht für Schicht, nicht durch einmalige Entleerung größerer Wasserbecken auf der Hochfläche, denn sonst müßten sich unbedingt irgendwelche Fossilien, etwa Süßwasserschnecken oder Pflanzenreste in den Lehmen zeigen, solche wurden aber bis jetzt nicht gefunden. Alle derartigen ursprünglichen Höhlen führen eine deutlich geschichtete Füllmasse, wobei innerhalb der Schichten noch eine Trennung nach dem spezifischen Gewicht stattgefunden hat. Diese zusammengesetzten Schichten weisen oft verschiedene Mächtigkeit auf, indem Schichtenkomplexe von 4—5 cm mit solchen von 50 und mehr cm abwechseln. Wir haben also einen Wechsel in der Dynamik der Sickerwasser, was wohl auf Perioden der Schnee- und Eisschmelze zurückzuführen ist.

Eine weit ruhigere Ablagerung ging in den sogen. Lagerspalten vor sich. Das auffallend feinkörnige Material repräsentiert das feinste Schlämmprodukt der Tone und blieb deshalb lange im Wasser suspendiert. Nur die kleinsten Teilchen konnten sich so in den von oben bloß durch die feinsten Ritzen und Kanäle zugänglichen Räumen niederschlagen, wo wir sie heute als eisenfreie Walkererde oder eisenschüssigen Bolus hervorholen.

Während diese horizontalen Klüfte ihre Entstehung der Auslaugung weicherer toniger Zwischenschichten verdanken, sind die übrigen, vertikal zur Tiefe setzenden Spalten durch einen, mit tektonischen Störungen verbundenen Spaltenbildungsprozeß gebildet. Die Emporhebung der Alb sowie die miocänen Vulkaneruptionen haben zu Verwerfungen und reichlicher Zerreißen des Gesteins geführt. Durch diese Risse und Spalten fand gar bald das Wasser den Weg, und erodierte die Kluftwände, so entstanden breite Klüfte und weite Hohlräume, die dann zum Teil wieder mit Kalksinter überkleidet wurden. Die Austrocknung des breiförmig eingeschwemmten Lehms hatte eine Kontraktion der Masse zur Folge, daher bildete sich am Rande eine neue Spalte, die durch herabrieselndes Wasser



weiter erodiert oder aber durch Kalkabsatz und nachstürzende Lehmbrocken wieder ausgefüllt wurde. So entstanden lehm- und bohrerzhaltige kalzitische Salbandbildungen.

Was die allgemeine Richtung der Spaltenzüge anlangt, so läßt sich hier wohl keine allgemeine Norm aufstellen. Die meisten Klüfte in der Salmendinger und Genkinger Gegend streichen SW.-NO., also dem Steilabfall der Alb folgend; andere hinwiederum annähernd senkrecht dazu oder auch vollständig regellos nach allen Richtungen, meist in gebogenen oder zackigen Linien.

### I. Spaltausfüllungen ohne Bohnerz.

Eine weit verbreitete Fazies der Spaltausfüllungen sind die fetten gelbbraun bis dunkelbraun, manchmal auch blaugrün bis gelbgrün gefärbten plastischen Tone ohne Beigabe von einzelem Bohnerz. Dieselben können entweder einfach sein, d. h. aus einer gleichförmigen und gleichgefärbten Masse bestehen, oder aber aus mehrerlei verschieden gefärbten und ungleich harten Lehmarten sich zusammensetzen.

Einfache Spaltenlehme finden sich überall auf der Alb, fast in jedem Steinbruch kann man in keilförmig senkrecht oder schräg niedersetzenden Spalten dunkelbraune bis ockergelbe Lehme antreffen, die beim Trocknen in größere oder kleinere eckige prismatische Stücke zerfallen. Vermöge ihrer feinen gleichartigen Beschaffenheit läßt sich keine Schichtung des Materials konstatieren, meist jedoch ist der Lehm nach unten dunkler gefärbt. Man kann unterscheiden zwischen

1. gewöhnlichen braunen Spaltenlehmern,
2. bolusartigen Tonen.

Der gewöhnliche hell oder dunkelgelbbraune fette Lehm ist in feuchtem Zustand plastisch und zeigt auf der Bruchfläche prismatische Absonderungen. In trockenem Zustande klebt er stark an der Zunge. Die überaus feinkörnige Beschaffenheit erschwert die Abtrennung von Schwerteilen, doch ließen sich hier, wenn auch ziemlich spärlich, die gleichen Schwermineralien wie im Jurakalk nachweisen.

Zuweilen hat sich der sonst vollständig kalkfreie Lehm sekundär verhärtet durch Infiltration von Calciumcarbonat aus kalkigem Wasser. Es bilden sich so ziemlich harte Gesteine, die zum Teil noch durch eine weitere Eisenzufuhr in kugeligen und ellipsoidischen Wellen

sich ausbreitende Abscheidungen von Brauneisenstein zeigen. So entstehen Gebilde wie Abbildung 1 Taf. I. Das Stück stammt aus einer Spalte in W. J.  $\delta$  am Katzenfels bei Egesheim. Aehnliche Bildungen findet man im Buntsandstein von Villingen oder im rhätischen Sandstein von Malsch. In manchen Fällen hat aber der Kalk nicht zur Verfestigung des Lehmmaterials beigetragen, sondern schied sich aus in Gestalt von Lößkindln. Die Größe derselben überschreitet nie den Durchmesser von 4 cm, diese Konkretionen sind vielmehr meist klein, hart, und infolge nachträglicher Zusammenziehung bei der Austrocknung im Innern stark zerrissen und hohl (siehe Abb. 2 Taf. I). Ihrer Zusammensetzung nach bestehen sie aus tonigem Kalk, der durch etwas Eisen schwach gelblich gefärbt ist. Diese Lößkindln liegen regellos im Lehm zerstreut und haben sich wohl im Lager selbst gebildet.

Folgende Lehmproben wurden chemisch analysiert:

1. Spaltenlehm mit Kalkkonkretionen in W. J.  $\beta$  an der Salmendinger Steige,
2. rotbrauner Lehm in W. J.  $\delta'$  am Weinstein südlich Udingen,
3. Spaltenlehm in W. J.  $\delta'$  im Steinbruch östlich vom Burrenhof,
4. Kluftausfüllung im Frankenjura<sup>1</sup>.

Das Resultat war:

	I.	II.	III.	IV.
Unlösliches . . . . .	72,92	70,01	69,04	70,51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8,83	9,11	8,70	12,16
MnO . . . . .	0,28	1,08	1,23	0,07
CaO . . . . .	—	0,41	—	0,98
MgO . . . . .	0,51	0,26	0,94	1,59
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . . . . .	0,20	0,25	0,51	0,41
H <sub>2</sub> O . . . . .	12,1	13,6	15,62	10,87

Wir haben also in den einfachen Spaltenlehmen reinen W. J.-Lösungsrückstand, der durch keine sekundären Beimengungen, wie Quarzsand etc. verunreinigt ist; da außerdem diese Lehme vollständig frei sind von Kieselknollen und W. J.-Geröll, so kann man annehmen, daß dieses Verwitterungsprodukt vor seiner definitiven Ablagerung durch einen natürlichen Schlemmprozeß gereinigt wurde. Infolge des Mangels an jeglichen Fossilien ist eine genaue Alters-

<sup>1</sup> Gümbel, Frankenjura. S. 170.

bestimmung ausgeschlossen; aus der Art der Ablagerung aber geht hervor, daß diese Füllmasse schon vor dem Diluvium, also mindestens im Pliocän eingetragen wurde. Es schneiden nämlich alle derartigen Spaltausfüllungen nach oben in gerader Linie mit dem anstehenden Gestein ab, und darüber lagert gleichmäßig eine anders gefärbte Decke von Lehm mit W. J.-Kies.

Unter den bolusartigen Tonen versteht man im allgemeinen jene äußerst feinen, stark an der Zunge klebenden, weiß, ockergelb oder tiefrot gefärbten Erden, die sich mehrfach in Klüften des oberen W. J. vorfinden. Die auffallend tiefrote Färbung der Boluserden zog schon seit den ältesten Zeiten die Aufmerksamkeit der Bewohner der Alb auf sich. Im 16. Jahrhundert wurde der Bolus vielfach auf der Alb gesucht und nach Ulm, Augsburg und Regensburg geliefert. Diese rote Erde — auch *Terra sigillata* genannt, weil die in den Handel kommenden Stücke mit einem Siegel versehen wurden — fand zu medizinischen Zwecken Verwendung und bekam als Medikament die abenteuerlichsten Namen, so *Sanguis Herculis*, oder *Axungia Solis*, „Sonnenschmalz“ nach einer ähnlichen Erde von Lemnos. Man glaubte, daß diese Erde<sup>1</sup> „hilft erstlich gegen Giftt und Bulensüpplein oder vergiffte Liebestränk, ja auch wider das allerstärkste und greulichste Giftt, so irgend auf einerlei Weise durch den Mund ist eingegeben worden und treibt solches durch Erbrechen gewaltsam aus. Zum andern, so widerstehet sie der wütenden und schrecklichen Pestilenz, ja die schon halb tot sein, die reißt sie mit wunderbarer Geschwindigkeit dem Tode wieder aus dem Rachen“. Außerdem soll sie auch gut sein gegen Biß, Stich und Verletzung, „sie stärkt das Herz, erfrischt das Gehirn, daher sie das Kopfweh lindert, das Magenweh vertreibt, das Herzklopfen stillt, die roten Augen heilet und für die Geschwulst der Gemächte gut ist wie keine andere Arzeney usw.“

In den württembergischen Apotheken mußte „siebenerlei Bolus, der im Munde wie Butter schmilzt“, geführt werden. LENTILIUS beschreibt in *Eteodromus Medico-Practicus* 1711 gelben und roten Bol von der Uracher Gegend.

Der fortwährenden Aufsuchung und Verwendung von Bolus seit mehreren Jahrhunderten ist es auch zuzuschreiben, daß derselbe immer seltener wird. HÖSLIN<sup>2</sup> berichtet von einem Bol von Zainingen

<sup>1</sup> Engel, Die wichtigsten Gesteinsarten der Erde. Ravensburg 1897. S. 347.

<sup>2</sup> Beschr. d. wirt. Alp. 1798. S. 300.

und unterhalb Sperberseck, RÖSLER<sup>1</sup> erwähnt Fundstellen von Donnstetten, Faitel, Wittlinger Steig, Aglishard, an der Hanner Steig, bei Güterstein sowie im Zittelstatt an der Ulmer Steige. An letzterem Ort fand sich eine besonders feine Walkenerde, die bis nach Ludwigsburg und andern Orten zum Walken der Tücher versandt wurde. „Sie gibt einen Schaum wie Saife und hat einen Glanz im Schnitt. Neben ihr streicht in einer kleinen Ader eine Art Wundererde, sie sieht veilchenblau aus und gibt einen weißen Schaum von sich. Die Grube davon ist aber nun gänzlich eingestürzt“. Außerdem kamen dort noch neben schmalen Flözen einer ziemlich feinen Walkenerde „feiner Kupfer- und Eisenocker, auch Siegelerde vor“ (RÖSLER, l. c. III, 22). Hiervon ist jedoch heute nichts mehr zu finden, es mögen wohl hier noch Verwechslungen mit dem dortigen Basalttuffe vorliegen. Man findet die genannten Tonarten heutzutage besonders noch im Faitel unterhalb des Hochfelsen, im Seeburger Tal an der Straße nach Münsingen, an der Steige Grabenstetten—Oberlenningen, in dem Steinbruch beim Burrenhof, sowie beim Kalkwerk Münsingen.

Dicht an der Straße nach Wittlingen befindet sich in massigem Deltafels eine horizontale 5—12 cm breite Kluft, ganz erfüllt von tiefdunkelrotem feuchtem sehr feinkörnigem und stellenweise etwas sandigem Bolus. Sein Eisengehalt betrug 13,26%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , daneben ein unlöslicher Rückstand von 71,02% und ein Wassergehalt von 14,04%. Hier war es noch möglich, aus einem Schlämmrückstand die Schwerminerale abzusondern. Es ergab sich verhältnismäßig sehr viel schwarzer Spinell (Picotit und Pleonast), sodann viele runde Zirkone und Rutil, die aber zum Teil auch in langgestreckten Formen vorkamen. Außerdem fanden sich noch einige Körner von Staurolith, Turmalin, Epidot und ein einzelner heller Granat. Es liegt also hier eine Vermengung von Bol mit vulkanischem Material vor, das aus dem wenige 100 m weiter oben befindlichen Tuffpunkt stammen dürfte.

„Gleich hinter Seeburg an der Straße nach Münsingen steckt ein Loch voll gelber Erde“, schreibt QUENSTEDT<sup>2</sup>. Es ist ein massiger Epsilonfels mit einem kleinen Loch, das gelben und roten Bolus einschließt. Der Bol ist hier nicht so kompakt, wie im Faitel, sondern zerfällt in größere oder kleinere prismatische Stücke, die

<sup>1</sup> Beitr. z. Naturgesch. d. Herzogt. Wirt. 1788. II, S. 219—222.

<sup>2</sup> Begleitworte zu Blatt Urach, 1869. S. 26.

eine gewisse Härte besitzen, so daß sich damit schreiben läßt. Der völlig kalkfreie Bolus enthält 15,54%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 76,02% Ton und 7,1% Wasser. Das Material ist zu feinkörnig, um daraus Schwermineralien abscheiden zu können, dasselbe trifft zu bei dem Bolus an der Grabenstetter Steige. Hier liegt in geschichtetem W. J.  $\delta$  eine 10—15 cm starke Lagerspalte, die die verschiedenen treppenförmigen Verwerfungen des Gesteins mitmacht, und sich noch ca. 150 m weit die Steige abwärts verfolgen läßt. Es konnte folgendes Profil aufgestellt werden:

8—10 m	Hangendes (geschichteter Deltakalk) mit Tropfsteinansätzen; von hier führen mehrere schmale, stark korrodierte Spalten senkrecht empor.
1—3 cm	Zwischenraum.
1 cm	Kalksinter, ziemlich erhärtet.
5—6 cm	Roter, sehr feiner, ziemlich harter Bolus, zerbricht in prismatische Stücke und hat einen Gehalt von 14,01% $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; stellenweise eine ca. $\frac{1}{2}$ cm starke Schicht von mehligem Kalkkonkretionen. Unten lichtere Färbung und Übergang in
	ockergelben Bol = Ocker, sehr fein, hart, liefert prismatische Bruchstücke. Eisengehalt = 4,63% $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
	Liegendes (geschichteter Deltakalk) oben mit einem feinen Überzug von Montmilch.

Die weiße Abart der Bolustone, die sogen. Walkelerde, findet man heute besonders noch in dem Steinbruch am Burrenhof und an der Hammersteige, auch oft mit Bohnerz zusammen, wie z. B. bei Neuhausen auf der Alb oder am Hohlenfels bei Hütten. Diese weißen Tone enthalten durchschnittlich 80—85% Ton, 0,5—4% Eisenoxyd, 0,1—1,0% Kalk und 12—14% Wasser. Hierher gehört auch die Treffensbacher Hafnererde, die dort bis 60 Fuß tief im Gestein steckt; sie scheint nichts anders als eine größere Anhäufung einer Art Walkelerde zu sein.

QUENSTEDT<sup>1</sup> betrachtet diese Erden als „Einschwemmungen in die Klüfte des Kalksteins zum Teil schon von tertiärer Zeit her, als die Alb noch wasserreicher war. Wenn auf Schmerklüften und in Nestern die Massen verhärteten, so entstand Bol und Siegelerde“. In der Tat scheint die Annahme gerechtfertigt, daß diese Tone das Auslaugungs- und Ausschlammungsprodukt von mergeligen Ablage-

<sup>1</sup> Begleitworte zu Blatt Urach, S. 26.

rungen sind, wie sich solche häufig zwischen die Kalkbänke einschoben; diese wurden durch die feinsten Spalten des Gesteins gleichsam durchfiltriert und gelangten dann zur Ablagerung. Bolus findet sich nie in senkrechten, keilförmigen Spalten, sondern immer in horizontalen Klüften und meist sehr tief im Gestein. Ursprünglich waren diese Tone wohl meistens weiß, also Walkererde und wurden erst durch sekundäre Infiltration durch eisenhaltige Lösungen zu Bolus oder Ocker; dies zeigt deutlich die Abnahme des Eisengehaltes in dem Bolus an der Grabenstetter Steige.

Eine ganz besondere Stellung nimmt das sogen. „Bolusloch“ zwischen Böhringen und Schlattstall ein. Dieses liegt an der dritt-obersten Verzweigung des Tals, das sich von Schlattstall gegen Böhringen heraufzieht. Hin und wieder wird es von Böhringer und Dettinger u. T. Hafnern aufgedeckt, um aus einer Tiefe von 1—1½ m einen tiefroten, fetten „Bol“, der jedoch mehr sandig und nicht so fein ist, wie echter Bolus, hervorzuholen und denselben zur Glasur von Töpfergeschirren zu verwenden. Man hat es hier mit keinem echten Bol zu tun, sondern es liegt hier ein bis jetzt noch nicht bekannter Basaltuffpunkt (vergl. revidiertes Blatt Urach und Nachträge von E. FRAAS, S. 6). Der zu sandigem Grus verwitterte Tuff liegt ca. 30—40 cm unter lehmigem Humus. Das Auffallende sind die vielen roten, aus Braunjura und Keuper stammenden Einschlüsse neben Resten von Lias und geröteten W. J.-Stücken. So mag der Bol wohl nichts anderes sein als ein größerer Fladen von Keuper- oder Braunjuraletten, der hier hereingestürzt, durch die Hitze metamorphosiert und dann durch Verwitterung wieder aufgeweicht wurde. Ein ähnliches Vorkommen derartigen Tones im Basaltuff von Bisingen u. T. war schon BAUHIN bekannt<sup>1</sup>.

Für das Alter dieser Ablagerungen ergeben sich, da Fossilien vollständig fehlen, keine festen Anhaltspunkte. Jedenfalls sind dieselben ins Tertiär zu stellen, da zweifellos das Material während der Tertiärzeit aufbereitet und auch eingelagert wurde. Nimmt man an, daß sich die Verwerfungen an der Grabenstetter Steige im Zusammenhang mit den vulkanischen Eruptionen gebildet haben, also mittelmiocän sind, so muß hier die Bolusablagerung unbedingt älter sein, also mindestens untermiocän. Das gleiche Alter läßt sich vielleicht auch für andere Vorkommen annehmen, wogegen man den Bol im Faitel wegen der Beimengung vulkanischen Materials als mittel- bis obermiocän ansetzen muß.

<sup>1</sup> Deffner, Begleitworte zu Blatt Kirchheim. 1872. S. 33.

Ganz eigenartig ist das häufige Vorkommen von zusammengesetzten Spaltenlehmen. In einer „Grundmasse“, die den einfachen Spaltenlehmen entspricht, stecken eckige, dunkler gefärbte und viel härtere, bolusartige „Einsprenglinge“, die oft eine feine Schichtung zeigen und äußerlich einen dünnen schwarzen Manganüberzug tragen. Bemerkenswert ist auch der Unterschied nach der chemischen Zusammensetzung:

	Grundmasse	Einsprenglinge
Ton . . . . .	71,86	63,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7,76	13,22
MnO . . . . .	0,42	2,12
MgO . . . . .	0,62	Spur
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,21	0,18
H <sub>2</sub> O . . . . .	14,8	15,3

Die Einsprenglinge sind zweifellos älter als die Grundmasse, und es macht den Eindruck, als ob dieselben aus einer früheren horizontal geschichteten Ablagerung herausgerissen und mit den helleren Lehmen verschwemmt worden wären. Diese helleren, die Grundmasse bildenden Lehme, sind nicht etwa ein fein zermahlendes Abfallprodukt der Einsprenglinge, denn diese zeigen fast gar keine Spuren von Abrollung, sondern sie sind ein jüngeres Verwitterungsprodukt von W. J.-Kalk. Dieses verschiedene Alter der beiden Lehmarten möchte ich auch zum Beweis für die Zunahme des Eisengehaltes in den obersten Juraschichten anführen, denn die eisenreichen Einsprenglinge sind ohne Zweifel ebensogut verwitterter W. J., wie die Grundmasse, nur daß letztere jünger und eisenärmer ist. Es müssen also noch oberste W. J.-Schichten mit größerem Eisengehalt existiert haben, deren Verwitterungsprodukt diese Einsprenglinge sind. Hieraus mögen auch die Bohnerze einen Teil ihres Eisengehaltes geschöpft haben. Derartige zusammengesetzte Lehme finden sich so häufig, wie die einfachen Spaltenlehme und auch in ganz gleicher Art der Einlagerung; sie sind daher wohl auch ins Tertiär zu stellen.

## II. Die Spaltenausfüllungen mit eingeschwemmtem Bohnerz

unterscheiden sich scharf von obigen Lehmarten. Abgesehen von dem beigemischtem Bohnerz fällt die ungleichmäßige und gröbere Beschaffenheit derselben auf. Während die oben beschriebenen feinen Tone beim Austrocknen in harte, eckige Stücke zerfallen, bilden diese rotbraunen Letten einen feinen Grus oder harte zusammen-

gebaltte Brocken. Ein weiterer Unterschied besteht in dem Gehalt an kohlensaurem Kalk, der zwischen 1 und 5% schwankt, sodann aber in verschiedenen Beimengungen und zwar:

1. einzelnen Bohnerzkörnern, meist etwas abgerollt, von 1—10 mm Durchmesser.

2. Kieselknollen, weiß, mehlig, manchmal außen mit einem dünnen schwarzen Manganüberzug; man findet Stücke bis zu Faustgröße.

3. W. J.-Geröll, meist ziemlich abgerollt oder wenigstens kanten-gerundet und äußerlich mit einer weißen mehligten Oberfläche.

Mehrfach, besonders gegen oben hin, wo der Lehm kalkreicher wird, haben sich harte Konglomerate gebildet, indem W. J.-Stücke, einzelnes Bohnerz und Kieselknollen durch kalkigen Lehm verkittet sind. Ähnliche Bildungen, sowie reichliche Kalkspatabsätze trifft man auch am anstehenden Gestein. Alle diese Bestandteile sind regellos in den an sich ziemlich feinkörnigen braunroten Letten, der oft von Pflanzenwurzeln durchzogen ist, eingebettet. Die Lagerstätte bilden meist trichter- und schlauchförmige Einsenkungen in den massigen  $\delta$ - und  $\varepsilon$ -Felsen, so bei Udingen, in der Lichtensteingegend, am Dobelkapf und bei der Seitzhütte. Ein schönes Beispiel derartiger Einschwemmung durch Wasser zeigt eine Spaltausfüllung bei Erpfingen. Aus dem Charakter der Füllmasse geht hervor, daß das Material vor seiner definitiven Einlagerung vielfache Verschwemmung durch Wasser mitzumachen hatte, wodurch Vermengung mit Juraschutt und Bohnerz eintrat. Letzteres hat sich wohl in demselben Lehm, aber in dessen primärer Lagerstätte gebildet. Manchmal setzt die Bohnerzbildung in diesen Letten nochmals ein, wohl infolge einer weiteren Eisenzufuhr. Ferner findet man hier nicht die scharfe Grenze gegen die Bodenüberdeckung, vielmehr gehen die Spaltenlehme ganz unmerklich nach oben in humosen Lehm über, der auch meist die Bodenüberdeckung bildet. Man hat es hier wohl mit einer diluvialen Spaltausfüllung zu tun. Als Spaltausfüllungen diluvialen Alters sind auch die Lehme zu betrachten, welche reichlich W. J.-Kies führen, oder durch Beimengung von Dolomitsand ein lößartiges Aussehen bekommen haben. Vielfach findet man noch oberflächlich manganisierte Kiesel- und Feuersteinknollen oder lößkindlartige Kalkkonkretionen darunter. In sämtlichen Fällen habe ich beobachtet, daß diese Füllmassen nicht wie die oben angeführten Lehme mit dem Anstehenden zusammen gegenüber dem Decklehm eine scharfe Grenze bilden, vielmehr haben



dieselben meist die gleiche Zusammensetzung, wie die diluviale Decke, die meist ganz unmerklich in die Spaltenfüllmasse übergeht.

Besonderes Interesse dürfte noch die Spaltausfüllung bei Erpfingen verdienen. Ungefähr 2 km nördlich Erpfingen an der Straße nach Engstingen liegt ein kleiner Steinbruch in W. J.  $\delta$  (s. Abb. 2).

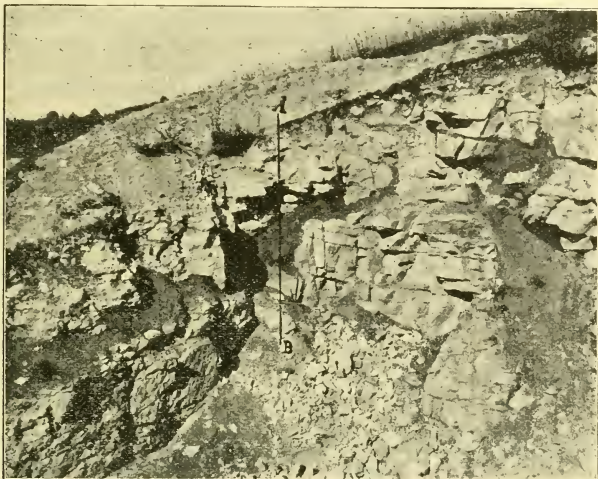


Abb. 2. Spaltausfüllung bei Erpfingen.

In der schräg niedersetzenden Kluft, auf der Abbildung links, hat man in der Linie A—B folgendes Profil:

		Hangendes: W. J. $\delta$ , unten mit Kalksinterüberzug und Tropfsteinansätzen.
a)	15 cm	Brauner plastischer, bolusartiger Ton, der getrocknet bröcklig wird und in einzelne eckige Stücke zerfällt. Das sehr feine Material zeigt die Mineralien der übrigen Spaltenlehme mit verhältnismäßig wenig Spinellen.
b)	2,5 cm	Sandiger, dunkelbrauner Lehm mit kleinen weißen, mehligem Kiesel, ausgewitterten und stark zernagten W. J.-Petrefakten. Das Material ist grobkörniger, führt ziemlich viel Quarzsand, der die Mineralien der Bohnerze vom Monk etc. enthält. Nach unten nehmen die schwarzen Spinelle bedeutend zu, die Füllmasse geht über in

c)	4,0 cm	gröberen, grusigen Lehm mit manganisierten Kieseln und beigemengten dünnen Bohnerzschichten.
d)	25 cm	Die Schichten b und c wechseln 4mal mit einer Mächtigkeit von je 2—4 cm miteinander ab, nach unten zu größere Anreicherung von Bohnerz.
e)	25 cm	Schwarzbrauner, stark eisenschüssiger, sandiger Lehm mit vielen einzelnen, oberflächlich manganisierten Bohnerzkörnern. Es treten dieselben Mineralien auf wie in den Bohnerzletten, ziemlich viel Spinell, daneben Zirkon, Rutil, Epidot, Staurolith, Turmalin, Andalusit, Magnetit.
Liegendes: W. J. $\delta$ mit einzelnen Löchern und taschenartigen Vertiefungen, die mit fast reinem Bohnerz angefüllt sind.		

Die Schichtung geht von dem rechts nach aufwärts gebogenen Teil der Kluft aus — hier ist also die ursprüngliche Öffnung zu suchen, durch die die Füllmasse eingetragen wurde — und verläuft von hier aus nach links abwärts unter einem Winkel von ca. 25°. Das Profil zeigt verschiedene Perioden der Einschwemmung, innerhalb welcher eine Trennung der Schichten nach dem spezifischen Gewicht erfolgte immer ist das Bohnerz zuunterst, darüber sandige und schließlich feine tonige Schichten. Für das geologische Alter dürfte wohl das der jüngeren Bohnerze angesetzt werden, einerseits weil die sämtlichen Bohnerzvorkommen in W. J.  $\delta$  dieser Gegend in dieselbe Kategorie gehören, andererseits weil hier der gleiche Sand vorkommt, wie in den Bohnerzen vom Monk etc.

### III. Spaltenlehme mit beginnender Bohnerzbildung.

Ganz besonderes Interesse verdienen die Spaltenlehme, bei denen sich Anfänge konzentrisch schaliger Kugelkonkretionen zeigen, die man nicht anders als für beginnende Bohnerzbildung zu betrachten hat. Ich habe derartige Spaltenlehme mehrfach in meinem Arbeitsgebiete angetroffen; schon in den oben angeführten Lehmen mit akzessorischem Bohnerz zeigen sich Spuren primärer Bohnerzbildung, folgende drei Vorkommen bieten hierfür typische Beispiele:

	I.	II.	III.
Unlösliches . . .	65,75 %	56,66 %	60,8 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14,46	12,45	10,05
MnO . . . . .	1,91	2,42	1,30
CaO . . . . .	—	1,82	0,58
MgO . . . . .	0,41	0,70	0,58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,74	0,66	0,82
CO <sub>2</sub> . . . . .	—	3,80	0,55
H <sub>2</sub> O . . . . .	15,8	16,8	13,7
Glühverlust . . .	—	—	5,2

1. Spaltenlehm in W. J.  $\varepsilon$  am Bühl bei Ochsenwang (s. Abb. 3 auf Taf. I).

2. Spaltenlehm in W. J.  $\varepsilon$  2 $\frac{1}{2}$  km südlich Münsingen an der Straße nach Ehingen,

3. lagerhafter Lehm zwischen Hengen und Böhringen.

Diese drei Lehmarten sind dunkelbraun, ziemlich feucht und etwas sandig. Um diese einzelnen Sandkörnchen herum bilden sich zarte, tonige, noch ganz weiche Kugelschälchen, die zum Teil einen feinen Manganüberzug tragen. Ist der Lehm noch gut bergfeucht, so kann man an einzelnen Kugeln die Schalen abheben. Die Kugeln sitzen sehr eng aufeinander und sind alle klein — 1—3 mm Durchmesser —, können aber auch nicht mehr größer werden, da sie sich sonst gegenseitig im Wachstum behindern würden. Äußerlich unterscheiden sie sich kaum der Farbe nach von dem umgebenden Lehm. In den lagerhaften Lehmen bei Hengen trifft man allerdings auch dunkler gefärbte Kugelkonkretionen<sup>1</sup>, dieselben sind aber ziemlich selten, wie überhaupt hier die Bildung bohnerzähnlicher Tonkugeln nicht in dem großen Umfange vor sich geht, wie in den beiden ersten Lehmen.

Dieses eigenartige Vorkommen dürfte wohl Veranlassung geben, auf die Frage der

#### Bohnerz bildung

näher einzugehen. Sobald man anfang, auf die Bohnerzablagerungen aufmerksam zu werden und dieselben technisch zu verwerten, begann man auch über deren Bildung sich Gedanken zu machen. So entstanden die verschiedensten Hypothesen. Die bedeutendste Abhandlung hierüber ist DEFNER'S „Erklärung der Bohnerzgebilde“<sup>2</sup>, der ich auch die meisten Angaben über frühere Ansichten entnehme.

ALEX. BROGNIART<sup>3</sup> war wohl der erste, der sich über die Bohnerze und Knochenbreccien bei Nizza, Antibes und Villa Franca, welche er für ein Gebilde erklärt, Gedanken machte und ihre Entstehung heißen Eisensäuerlingen zuschrieb, „obwohl er selbst sich der Zweifel gegen diese Hypothese nicht ganz erwehren konnte“.

THIRRIA<sup>4</sup> betrachtet als Ursache „warme Mineralquellen, sehr

<sup>1</sup> Ähnliche Bildungen von konzentrischen Kugeln kommen auch in den älteren Diluviallehmen des Elsaß vor.

<sup>2</sup> Diese Jahreshfte. XV. 1859. S. 257.

<sup>3</sup> Annales des sciences naturelles 1828. T. 14. S. 410.

<sup>4</sup> Analogie in der Entstehungsweise der Bohnerzablagerungen der Franche-Comté mit jenen in Berré. Ann. d. Min. d. XIX. 49. Auszug im N. Jahrb. f. Min. etc. 1854. S. 720.

reich an  $\text{CO}_2$ , die kohlen-saures Eisenoxydul, mit etwas kohlen-saurem Manganoxydul, etwas kohlen-saurer Kalkerde und geringe Mengen Kiesel- und Tonerde, phosphorsaurer Eisen und phosphorsaurer Tonerde aufgelöst enthielten. Diese Quellen, die zur Miocänzeit durch Erdrindespalten emporstiegen, ergossen sich in Süßwasserseen, oder traten mit Wasserströmen zusammen, welche tonige und sandige Teile früherer Formationen mit sich fortrissen. Die Eisenerze finden sich teils auf dem Grund von Seen abgesetzt, teils an dem Ursprungsort der Quellen“.

GRESSLY<sup>1</sup> schreibt die Entstehung der Bohnerze vulkanischen Emanationen zu, wobei Schlamm-massen und heiße Springquellen mit Auflösungen von Eisen, Kalk, Kieselsäure und Schwefelsäure auftraten und die Spalten und Vertiefungen des Gebirgs mit ihren Niederschlägen ausfüllten.

QUIQUEREZ<sup>2</sup> schließt sich der vulkanischen Entstehungsweise an, indem er obige Erklärung dahin näher präzisiert, daß „es Schlammvulkane und Thermen, wie sie jetzt noch in vulkanischen Gegenden vorkommen, waren, deren aufgelöste Gase und Säuren die Corrosionen der Kalkwände verursachten.“

Mit JÄGER<sup>3</sup> teilt ALBERTI<sup>4</sup> seine Ansicht, welche dahin lautet, daß die Bohnerze nicht durch heiße Eisensäuerlinge, wohl aber durch stark kohlen-säurehaltige Schlammausbrüche gebildet worden seien. „Die Landtiere haben von der sauren Solution angelockt ihren Untergang gefunden“. Durch die reichliche Kohlen-säure seien die Kluftwände stark angefressen und die Petrefakten ausgelöst worden.

MÜLLER<sup>5</sup> nimmt warme Eisensäuerlinge an, welche das von ihnen durchsprengte Gestein auslaugten und ihren Eisengehalt an der Oberfläche in Form von Bohnerz abschieden.

KÖCHLIN-SCHLUMBERGER<sup>6</sup> nimmt wieder Partei für Eisensäuerlinge, welche zuerst hauptsächlich Eisen aufgelöst enthielten, später aber einen größeren Kalkgehalt aufnahmen. „Es schied sich Eisen-spat aus, der in Eisenoxydhydrat überging, und seine Kohlen-säure war es hauptsächlich, welche die Corrosion der Kluftwände ver-

<sup>1</sup> Neue Denkschr. allgem. Schweiz. Gesell. Naturw. 1841. V.

<sup>2</sup> Actes de la soc. Helv. de Sc. nat. 1855.

<sup>3</sup> Über die fossilen Säugetiere Württembergs. Nova acta nat. curios. XXII. 1855. S. 924.

<sup>4</sup> Halurische Geologie 1852. Bd. II, S. 304, und Die Bohnerze des Jura. Diese Jahreshfte. IX, 1853. S. 76.

<sup>5</sup> Verh. d. naturf. Ges. in Basel. 1854. S. 98.

<sup>6</sup> Bulletin de la soc. géol. de France. 2. Sér. T. XIII. 1856. S. 729.

ursachte. Gegen das Ende der Tätigkeit der Quellen setzte sich mehr Kalk ab, welcher dann den Zement zu den Konglomeraten lieferte.“ Der Quarzsand und Ton waren mechanische Suspensionen der Quellen.

DEFFNER kommt nach langen eingehenden Untersuchungen über den Absatz der heftigen kalten und warmen Eisensäuerlinge, sowie nach verschiedenen Einwendungen gegen die bisherigen Hypothesen zu dem Schluß, daß die Bohnerzbildung „weder eine Bildung von Schlammvulkanen noch von heißen noch kalten Eisensäuerlingen sei“, er sucht vielmehr eine andere Erklärungsweise darin, daß er die Bohnerzkugeln teils als umgewandelte Kalkpisolithe, zum größten Teil aber als umgewandelte Schwefelkiesknollen betrachtet. Außerdem ist er der Ansicht, daß die Bohnerzbildung beinahe während der ganzen Tertiärzeit vor sich ging. Schon DEFFNER erinnert an die Analogie der Bildungen an tropischen Küsten und hält eine Bohnerzbildung durch „Agglomeration ausgeschiedener Eisenoxydhydratflocken“ für möglich.

QUENSTEDT<sup>1</sup> läßt sich zwar anfangs auch noch durch die schönen Kalkspatfelsen von Salmendingen verleiten, an heiße Quellen zu glauben, kommt aber schließlich doch zu der Ansicht, daß die Bildung der Bohnerze ähnlich vor sich gegangen sei, wie die Bildung der Sumpferze, wo ebenfalls eine versteckte Kugelung vorkommt.

O. FRAAS<sup>2</sup> betrachtet als Genesis der Bohnerze: „Umbildung von Eisenspat, Kalkpisolith und Schwefelkies, die vorher im Jura-gebirge vorhanden, durch tausendjährige Verwitterung unter dem Einfluß der Atmosphärien sich umbildeten. Eine solche Umbildung, die vom Ende der Jurazeit bis zum Ende der Tertiärzeit fortwährte, mag an tropischen Küsten heute noch vor sich gehen, wo Agglomerationen ausgeschiedener Eisenoxydhydratflocken entstehen (Laterit an den Küsten Zentralafrikas, Asiens und Südamerikas)“. Diese Ansicht hat er auch schon in den Begleitworten zu Blatt Giengen 1869 S. 4 niedergelegt.

Ebenfalls als eine Art Lateritbildung erklärt E. KOKEN<sup>3</sup> die Bohnerze auf Grund seiner Beobachtungen in Südindien. „Die primären, nicht verschwemmten Laterite zeichnen sich durch eine

<sup>1</sup> Epochen der Natur. 1861. S. 743.

<sup>2</sup> Geognostische Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern. 1882. S. 153.

<sup>3</sup> Führer durch die Sammlungen des mineral. Instituts in Tübingen. 1905. S. 79 u. 99.

poröse zellige Struktur aus, ein Hauptgrund ihrer sterilen Trockenheit. Die Eisenverbindungen scheiden sich in den Hohlräumen sinterartig aus; vielfach entstehen kleine Kugeln von Brauneisenstein.<sup>4</sup>

GÜMBEL<sup>1</sup> sieht die Bohnerze als Ausscheidungen aus aufsprudelndem eisenhaltigem Gewässer, ähnlich den Erbsensteinen von Karlsbad, an.

So drang nach mancherlei, zum Teil ganz eigenartigen Hypothesen doch schließlich auf Grund vergleichender Studien mit den Vorkommen in anderen Ländern die Ansicht von der Bohnerzbildung als einer Art Lateritbildung durch, für welche ich aus den obigen Spaltenlehmen die Beweise erbringen zu können glaube (vergl. auch Abb. 3 u. 4 auf Taf. I). Schon der bedeutende Tongehalt spricht gegen eine direkte Bildung aus Eisensäuerlingen und wenn auch die Möglichkeit einer Bildung von Bohnerz aus Kalkpisolithen, mit welchen es oft z. B. bei Laichingen, Bräunisheim, Nattheim, Ehingen, vergesellschaftet vorkommt, durch sekundäre Infiltration mit eisenhaltigen Lösungen nicht von der Hand zu weisen ist, so scheint dies doch nur in ganz beschränktem Umfange zuzutreffen. In der Hauptsache geht wohl die Bohnerzbildung folgendermaßen vor sich: Um einen kleinen Körper, meist ein Sandkorn, bilden sich innerhalb der stark wasserhaltigen Lehme dünne schalenförmige Aggregate von eisenschüssigem Ton, hin und wieder schaltet sich eine dünne schwarze Manganschicht dazwischen. Die Tonschälchen sind abwechslungsweise mehr oder weniger eisenhaltig, enthalten aber immer eine bedeutende Wassermenge eingeschlossen. So wachsen diese Gebilde durch immer weitere Anlagerung von konzentrischen Schalen zu mehr oder weniger großen, noch weichen Kugeln heran — in diesem Stadium befinden sich die oben beschriebenen Spaltenlehme —, bis ihnen eben die Beengung im Raum oder die Erschöpfung des Eisengehaltes ein Ziel setzt. Die Menge der sich bildenden Kugeln hängt natürlich ab 1. von dem Eisengehalt des Tones und 2. von der Menge des im Ton vorhandenen Sandes. Nun werden aber die tonigen Kugeln nachträglich von eisenoxydhydrathaltigen Lösungen durchfeuchtet, das Eisen dringt in die wasserhaltigen Kugeln ein, reichert sich hier an, indem es das vorhandene Wasser verdrängt, wodurch sich die Kugeln allmählich verfestigen. Vielfach sind dieselben innerlich geborsten und die Risse wieder mit Brauneisenstein ausgefüllt, ich schreibe das dem bei der Eiseninfiltration auftretenden

<sup>1</sup> Frankenjura, 1891. S. 195.

osmotischen Druck zu. Daß wirklich ein sekundärer Zuschuß von Eisen aus Lösungen stattgefunden hat, zeigen die zahlreichen feinen Risse innerhalb der Bohnerzletten, die wieder durch Brauneisenstein ausgefüllt sind, wobei sich manchmal ganz feste Platten und Konglomerate bilden können, sowie besonders der Umstand, daß der Kern der Bohnerze meist noch sehr tonig ist, wogegen der Eisengehalt sich nach der Rinde zu anhäuft. Außerdem ist oft der anstehende W. J. mit einer mehr oder weniger dicken Brauneisensteinschicht überzogen, ja manchmal ist der Kalk mehrere Zentimeter tief durch Eindringen der Eisenlösung braun gefärbt. Es hat also wohl einmal eine Periode starker Eisenzufuhr gegeben. Löst man ein ganzes Bohnerzkorn in heißer Salzsäure, so bleiben in der Lösung lauter weiße tonige Schalen zurück, während das Eisen ausgezogen wird. Diese Schälchen besitzen dann immer noch eine ziemlich feste Konsistenz, was auch darauf hinweisen dürfte, daß die Tonschalen sich selbständig gebildet haben, und daß das Eisen erst nachträglich hinzugekommen ist. Zuweilen findet man auch Körner, welche eine konzentrische zonare Anreicherung von Eisen zeigen, hier hat also mehrmals während der Bildung eine Eisenzufuhr stattgefunden. Die eisenhaltigen Lösungen haben ihren Metallgehalt entweder aus oberen Lehmschichten ausgelaugt, oder den Schwefelkiesknollen oberer Juraschichten entnommen, weshalb sich auch in den Bohnerzen eine kleine Menge Schwefelsäure nachweisen läßt. Ich gelange also zu folgendem Resultate über die Bohnerzbildung:

Die Bohnerze bilden sich wohl schon seit Ende der Jurazeit fortwährend in den eisenhaltigen Verwitterungslehmen, indem sich um irgendeinen festen Körper, etwa ein Sandkorn, tonige konzentrisch-schalige Aggregate anlagern, welche durch weiteren Eisenzuschuß aus Lösungen sich zu Bohnerz verhärteten. Die Hauptfaktoren der Bohnerzbildung scheinen demnach zu sein:

1. Eisengehalt nicht unter 10% nebst einem gewissen Gehalt an Mangan,
2. sekundäre Zufuhr von Eisen aus Lösungen,
3. reichlicher Wassergehalt der Lehme,
4. Sandkörner, die sozusagen als Katalysatoren zur Bohnerzbildung beitragen.

Daß die Bohnerze wirklich nur ein eisenreicher Teil der sie umgebenden Lehme sind, mag folgendes beweisen: pulverisiert man eine größere Menge Bohnerzkörner, kocht das Pulver mit Salzsäure und fällt dann aus dem tonigen Rückstand die Schwerteile, so er-

hält man die gleichen Schwermineralien wie in den Bohnerzlehmen. Aus den Schwefelkiesknollen des oberen Jura bilden sich freilich auch durch Umwandlung in Brauneisenstein bohnerzähnliche Kugeln, dieselben entbehren jedoch jeder Struktur und sind daher nicht als echtes Bohnerz aufzufassen, ich habe ihnen im Folgenden die Bezeichnung Pseudobohnerz gegeben.

Daß die Bohnerzbildung gerade zur Tertiärzeit ihre Blüteperiode durchmachte, ist auf die klimatischen Verhältnisse zurückzuführen. In der feuchtwarmen, wasserreichen Tertiärperiode machte die Verwitterung der Kalksteine auf der Alb enorme Fortschritte. Mehrere Meter mächtige Juraschichten fielen der auflösenden Kraft des Wassers anheim und hinterließen nur ihre schwerlöslichen Rückstände in Gestalt von eisenschüssigem Lehm, der sich in Mulden und Vertiefungen zu Lagern ansammelte, worauf dann die Bohnerzbildung einsetzte. Es mögen sich auch flache Seebecken oder Sümpfe gebildet haben, worin sich der eisenschüssige Schlamm niederschlug; dieselben hätten dann allerdings jeden Tierlebens entbehrt, da bis jetzt keine Spur einer Süßwasserfauna, wohl aber Pflanzenreste gefunden wurden. Für eine Bildung primären Bohnerzes in flachen Mulden<sup>1</sup> spricht besonders auch die Verteilung der Bohnerze auf der Alb. Man findet immer, daß es gewisse bohnerzreiche Gegenden gibt, zwischen denen dann wieder Landstriche liegen, die fast gar kein Bohnerz aufweisen. Ein derartiger Bezirk früherer primärer Bohnerzbildung wäre z. B. zu suchen in der Gegend zwischen Ringingen, Salmendingen, Genkingen, Erpfinden; dann wieder auf der Halbinsel von St. Johann, wogegen die Münsinger Alb fast bohnerzfrei ist<sup>2</sup>. Je näher man gegen die Donau zu kommt, häufen sich die Bohnerzablagerungen, es mögen hierbei auch die der Abdachung der Alb nach Süden folgenden Flußläufe viel Material zur Bohnerzbildung dort angehäuft haben. Vielfach findet man hier das Bohnerz nicht in Spalten eingeklemmt, sondern in mehr oder weniger mächtigen Lagern ausgebreitet, welche sich hauptsächlich da, wo sie durch eine darüber liegende Decke der marinen Molasse vor weiterer

<sup>1</sup> O. Fraas, Diese Jahreshefte 1852, S. 56, läßt die Bohnerzbildung in flachen Seebecken oder in Lagunen des Tertiärmeeres vor sich gehen, wobei dann die Zähne und Knochen von den Bergen herab in die Bohnerzlager eingeschwennt wurden.

<sup>2</sup> Andere Bohnerzgebiete finden sich in der Gegend von Ennabeuren, Laichingen, Bräunisheim, Reuti bis gegen Ulm, oder in dem Dreieck zwischen Heidenheim, Neresheim und Giengen.



Verschwemmung geschützt wurden, so z. B. bei Schwenningen, Igelswies, Altheim, Neuhausen ob Eck, Liptingen, Heudorf u. a. O. in ihrem ursprünglichen Zustande erhalten haben. Auch im Hårdtle bei Frohnstetten scheint das Bohnerz sich im Lager gebildet zu haben, da auch innerhalb der Röhrenknochen Bohnerzkörner sich vorfinden.

Vielfach wurde diesen primären Bohnerzlagern der Untergrund durch die Erosionstätigkeit des Wassers weggeschwemmt; so erfuhren die Bohnerzletten eine sekundäre Verlagerung in Klüfte und Höhlen, wobei sie manchmal eine längere Bearbeitung durch fließendes Wasser durchzumachen hatten und mit Geröll, Fossilien, Sand etc. vermengt wurden; so bildete sich sekundäres Bohnerz. Wurden nun auch die schon sekundär verlagerten Bohnerze wieder ihrer Lagerstätte beraubt, so entstand mit Diluviallehm vermischtes Bohnerz, das besonders auf der Salmendinger Alb sogen. Bohnerzböden bildet und wohl diluvialen Alters ist.

Ich gehe nun über zur eigentlichen Beschreibung der in mein Arbeitsgebiet fallenden Bohnerzlagerstätten.

#### IV. Bohnerze.

Die fertig gebildeten Bohnerze bestehen aus tonigem Brauneisenstein mit verschiedenen Beimengungen. Nachstehend einige Analyseergebnisse:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .	62,73 %	62,694 %	66,41 %	71,714 %	68,700 %	54,32 %
MnO . .	2,05	1,246	0,87	—	—	1,35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .	7,03	5,832	6,37	6,714	7,472	26,70
CaCO <sub>3</sub> . .	—	—	2,38	0,600	Spur	2,0
MgO . .	Spur	—	0,42	—	—	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .	0,042	—	0,04	—	—	—
SiO <sub>2</sub> . .	9,80	19,824	2,68	13,000	11,803	—
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . .	1,06	—	1,54	—	—	0,49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . .	0,842	—	0,26	—	—	1,05
NH <sub>3</sub> . .	—	—	0,07	—	—	—
H <sub>2</sub> O . .	15,4	14,385	14,07	8,235	11,532	12,19
Ton . . .	—	—	5,26	—	—	—
As . . .	Spur	—	—	—	—	Spur
	98,954	103,98	100,41	100,00	100,0	98,10

1. Bohnerz vom Monk.

2. Bohnerz von Nendingen bei Tuttlingen. C. SCHWEIZER, Inaug.-Diss. Tübingen 1825.

3. Bohnerz von Zöschingen. GÜMBEL, Frankenjura. p. 196.

4. u. 5. Erze von Auggen und Schliengen im südlichen Baden. Beiträge zur inneren Verwaltung des Großherzogtums Baden. geologische Beschreibung der Umgebung von Badenweiler von SANDBERGER. p. 4.

6. Erze von Mietesheim im Elsaß, mine du jardin. DAUBRÉE, Description géol. et mineral. du Dep. du Bas-Rhin. p. 290.

Auffallend sind vor allem die verschiedenen Beimengungen von sonst seltenen Elementen, so besonders Chrom, Arsen und Vanadium. Auf das Vorkommen von Vanadium in den Bohnerzen von Haverloch aufmerksam gemacht, untersuchte Repetent A. MÜLLER<sup>1</sup> am Laboratorium der Technischen Hochschule zu Stuttgart die württembergischen Bohnerze auf Vanadium und fand solches in den Erzen vom Hardt, von Willmandingen, Neuhausen, Bärenthal und Friedingen, und zwar kamen auf 10000 Teile Erz 2 Teile Vanadinsäure; gleichzeitig wurde von demselben auch Chrom nachgewiesen, und zwar in 10000 Teilen Erz 3 Teile Chromsäure. Außerdem wurde noch Schwefelsäure und Phosphorsäure, allerdings nur qualitativ, bestimmt. Der Gehalt an Phosphorsäure ist eine Anreicherung des im W. J., wenn auch nur sehr spärlich, vorhandenen Phosphorpentoxyds, kann aber auch zum Teil von dem Calciumphosphat der beigemengten Knochen herrühren. Besonders bemerkenswert ist noch ein ganz geringer Gehalt an Zink; derselbe ist so verschwindend, daß er sich im Bohnerz selbst nicht nachweisen ließ, in dem Ofenbruch des Hochofens von Ludwigstal bei Tuttlingen wurden jedoch 90,285% Zinkoxyd bestimmt<sup>2</sup>.

Nach dem äußeren Aussehen und der inneren Struktur kann man unterscheiden:

1. primäres Bohnerz, d. h. die einzelnen konzentrisch-schalig struierten Körner sind noch vollständig intakt, zeigen keine Spuren von Abrollung und Wassertransport; derartiges Bohnerz ist meist auf W. J.  $\epsilon$  oder  $\zeta$  aufgelagert oder liegt in Spalten und Mulden dieser Schichten und kommt hauptsächlich in der Gegend um die Donau vor (s. Abb. 4 Taf. I). Mehr dem Nordrand der Alb zu, meist im W. J.  $\delta$  eingelagert, findet man

2. sekundäres Bohnerz, d. h. sekundär in seine jetzige Lagerstätte verschwemmtes primäres Bohnerz: die einzelnen Bohnerzkörner

<sup>1</sup> Mitteilung in diesen Jahresheften. XIII. 1852. S. 66.

<sup>2</sup> C. Schweizer, Chemische Untersuchung des Bohnerzes von Nendingen. Inaug.-Diss. Tübingen 1825. S. 10.

sind oft in eckige Stücke zerbrochen, die dann mit Ton und ganzen Bohnerzkugeln durch ein eisenschüssiges Bindemittel zu Geröllen von Haselnuß- bis Faustgröße verbacken sind. Äußerlich zeigen dieselben starke Abrollung und haben oft noch einen gleichförmigen Überzug von Brauneisenstein (s. Abb. 5 Taf. 1).

3. Eine dritte Art von kugeligem Brauneisenstein gehört zwar nicht zum eigentlichen Bohnerz, kommt aber oft mit diesem zusammen vor; es ist dies das sogen. Pseudobohnerz, das sich durch sein massives, strukturloses Innere als Verwitterungsprodukt der aus oberem Jura stammenden Schwefelkiesknollen zu erkennen gibt. Vielfach sind auch Juragerölle durch Eiseninfiltration eisenschüssig geworden, wie die sogen. Grunderze, die sich zwischen Dornhan und Fluorn sowie bei Pforzheim in Spalten des Muschelkalks vorfinden; auch diese gehören unter die Kategorie der Pseudobohnerze.

Nach der Art des Vorkommens unterscheidet man zwischen Letten- und Felsenerzen. Erstere liegen in kleinen Mulden oder flachen trichterförmigen Einsenkungen, die ausschließlich dem obersten W. J. angehören; letztere in Spalten und Klüften meist des mittleren W. J. und führen fast sämtlich sekundäres Bohnerz.

Im allgemeinen ist die Verbreitung<sup>1</sup> und die Bildung von Bohnerzen an das Vorkommen von Kalkstein, hauptsächlich Jurakalk, gebunden; so findet man denn auch in allen Juragebieten Bohnerzablagerungen, die zum Teil bergmännisch ausgebeutet werden. Auf der Alb ging der Bergbau, der in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts seine Blüteperiode gehabt hatte, in den 60er Jahren wieder ein infolge des Mangels an Erz und der Verteuerung der Brennmaterialien.

Das Bohnerzvorkommen am Monk (früher Mong geschrieben), nordwestlich Salmendingen, erregte schon seit den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts das Interesse der Geologen<sup>2</sup>. Neben den eigentlichen Bohnerzen sind es besonders die beigemengten Säugetierreste, sowie eigentümliche Salbandbildungen, die den Monk als beachtenswert erscheinen lassen. Der Monkberg, aus normalem tonigem W. J.-Gamma und 'geschichtetem Delta aufgebaut, erhebt sich zu

<sup>1</sup> C. Deffner, Zur Erklärung der Bohnerzgebilde. Diese Jahreshfte. XV. 1859. S. 262.

<sup>2</sup> Achenbach, Über Bohnerze aus dem südwestlichen Plateau der Alb. Diese Jahreshfte. XV. 1859. Quenstedt, Epochen, S. 741—743. Geol. Ausflüge, S. 206.

einer Höhe von 885 m über NN. und ist gleich dem bekannten Kornbühl kegelförmig auf die Betahochfläche der Salmendinger Alb aufgesetzt. Schon der Boden am Fuß und Steilhang des Berges verrät dessen Bohnerzreichtum, überall findet man einzelne, stark abgerollte Bohnerzkörner. Auf dem sanft gegen Nordwesten ansteigenden Plateau des Berges liegen die schon ein halbes Jahrhundert verlassenen und deshalb stark verstürzten und verwachsenen alten Erzgruben. Immerhin läßt sich noch der Spaltenzug feststellen, der, vom höchsten Punkte ausgehend, eine S-förmige Linie bildet: zwei kleinere selbständige Spaltensysteme liegen in dem östlichen Ausläufer des Berges (s. Abbildung 3). Die Spalten sind durchschnittlich 1—2 m breit, erweitern sich aber stellenweise bis 4 und 5 m, um sich dann wieder bis auf wenige Dezimeter zu verengern. Ihre Tiefe beträgt jetzt nur noch wenige Meter, nach ACHENBACH aber soll sie nicht über 60 Fuß betragen haben. Es findet hier das allgemeine Gesetz, daß die Bohnerzlager mit dem tonigen Gamma aufhören, seine Bestätigung. Die Kluftwände des anstehenden W. J.  $\delta$  sind stark korrodiert und mehrfach mit Kalkspat überzogen, der bei a fast 1 m Mächtigkeit erlangt. Der Calcit („Glassteine“ der umwohnenden Bevölkerung) bricht in prachtvollen Rhomboidern, ist weiß mit schwacher milchiger Trübung, seltener sind gelblich gefärbte Stücke. Daneben kommen auch Fragmente eines schneeweißen, grobkristallinen Süßwasserkalks vor, der aus reinem Calcit ohne Spur von Aragonit besteht. Diese Salbandbildungen enthalten nirgends Bohnerz oder Bohnerzlehm eingeschlossen und sind als Tropfsteinbildungen einer alttertiären Höhle zu betrachten, also älter als die Bohnerze. Wesentlich jünger anzuschlagen sind die gelb- bis rotbraunen Süßwasserabsätze an den Kluftwänden. Diese bestehen teils aus mehreren 2—5 mm starken welligen Lamellen strahligen Kalkspats, dazwischen dünne Lagen sandigen Lehms, teils aus massigem, braunem, kristallinem Kalk, der Lehm- und Bohnerzkörner einschließt. Ihre Bildung ist kalkigem Wasser zuzuschreiben, das nach Einlagerung des Bohnerzlehms an den Kluftwänden herabrieselte und hier seinen Kalkgehalt, mit Lehm und Bohnerz vermengt, absetzte. Vielfach hat man folgende Anordnung:

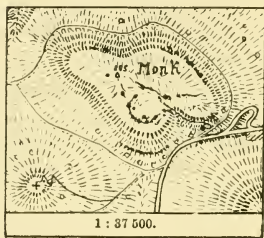


Abb. 3. Karte vom Monk.  
 "o" = verschwemmtes Bohnerz.

schnittlich 1—2 m breit, erweitern sich aber stellenweise bis 4 und 5 m, um sich dann wieder bis auf wenige Dezimeter zu verengern. Ihre Tiefe beträgt jetzt nur noch wenige Meter, nach ACHENBACH aber soll sie nicht über 60 Fuß betragen haben. Es findet hier das allgemeine Gesetz, daß die Bohnerzlager mit dem tonigen Gamma aufhören, seine Bestätigung. Die Kluftwände des anstehenden W. J.  $\delta$  sind stark korrodiert und mehrfach mit Kalk-

spat überzogen, der bei a fast 1 m Mächtigkeit erlangt. Der Calcit („Glassteine“ der umwohnenden Bevölkerung) bricht in prachtvollen Rhomboidern, ist weiß mit schwacher milchiger Trübung, seltener sind gelblich gefärbte Stücke. Daneben kommen auch Fragmente eines schneeweißen, grobkristallinen Süßwasserkalks vor, der aus reinem Calcit ohne Spur von Aragonit besteht. Diese Salbandbildungen enthalten nirgends Bohnerz oder Bohnerzlehm eingeschlossen und sind als Tropfsteinbildungen einer alttertiären Höhle zu betrachten, also älter als die Bohnerze. Wesentlich jünger anzuschlagen sind die gelb- bis rotbraunen Süßwasserabsätze an den Kluftwänden. Diese bestehen teils aus mehreren 2—5 mm starken welligen Lamellen strahligen Kalkspats, dazwischen dünne Lagen sandigen Lehms, teils aus massigem, braunem, kristallinem Kalk, der Lehm- und Bohnerzkörner einschließt. Ihre Bildung ist kalkigem Wasser zuzuschreiben, das nach Einlagerung des Bohnerzlehms an den Kluftwänden herabrieselte und hier seinen Kalkgehalt, mit Lehm und Bohnerz vermengt, absetzte. Vielfach hat man folgende Anordnung:

Anstehender W. J.-Fels stark korrodiert,  
dünne lehmige Zwischenschicht (kann auch fehlen),  
brauner kristallinischer Süßwasserkalk ohne Bohnerz,  
derselbe mit einzelnen Bohnerzkörnern,  
kalkig-sandiges Bohnerzkonglomerat mit viel Bohnerz und Bohnerzgeröll,  
Bohnerzlehm mit Bohnerz.

Das Erz selbst ist sehr verschieden von dem bei Frohnstetten, Neuhausen etc.; während dort reines primäres Bohnerz lagert, tritt hier ein merkwürdiges Gemisch auf, das äußerlich starke Spuren intensiver Bearbeitung durch fließendes Wasser zeigt. Man findet primäres und sekundäres sowie Pseudobohnerz. Einzelne Bohnerzkörner besitzen einen dünnen Überzug von Roteisenstein. Der Bohnerzlehm hat rotbraune Farbe, ist etwas sandig und enthält viele weiße mehligke Kieselchen, alle gerundet und durchschnittlich von Linsengröße; dazwischen finden sich auch kleine Knochen- und Schalenfragmente. Der Lehm enthält bis zu 10% kohlen-sauren Kalk, 6,74% Eisenoxyd und 0,32% Phosphorsäure. Interessant ist der Bestand an Schwermineralien: neben viel unlöslichen rotbraunen Eisensilikaten glashelle gerundete Zirkone, oktaedrische, schwarze Spinelle und Magnetite, Rutil, ebenfalls meist gerundet, Staurolit Epidot, Turmalin, Disthen und ganz selten Andalusit. Die leichten Mineralien setzen sich hauptsächlich aus vielen milchig trüben, teils auch hellen Quarzkörnern, mit Einschlüssen von Rutilnadeln, sowie etwas Glimmer zusammen. Dazwischen noch viele Spongiennadeln. Auffallend ist die große Ähnlichkeit der mit Salzsäure behandelten Schlämmrückstände des Bohnerzlehms mit den Genkinger und Uндinger Sanden.

Ihren großen Ruf in der Geologenwelt verdanken die Salmendinger Bohnerze hauptsächlich dem Vorkommen von Säugetierresten, und zwar solchen der älteren und der jüngeren Bohnerzfauna. Die Reste der Säugetiere vom Frohnstetter Typus sind vielfach bis zur Unkenntlichkeit verstümmelt und abgerollt, so daß man sie als Knochengerölle bezeichnen kann; die der obermiocänen bis pliocänen Säugetierfauna sind weitaus besser erhalten; hieraus ergibt sich, daß die Salmendinger Bohnerze sich ungefähr zu gleicher Zeit, wie die von Frohnstetten gebildet haben, später aber ihrer ursprünglichen Lagerstätte durch Denudation des W. J.-Kalkes beraubt, durch Wasser in ihre jetzige Lagerstätte eingeschwemmt wurden, wobei dann Reste der jungtertiären Säugetiere darunter gerieten (ausführl.

Verz. der Säugetierreste s. u. S. 225). Daneben wurden beim Grubenbau noch Reste diluvialer Säugetiere, Feuersteinmesserchen und eiserne Geräte zutage gefördert, dies dürfte jedoch erst lange nach der Ablagerung der Bohnerze denselben oberflächlich beigemischt worden sein. Eine weitere merkwürdige Beimengung bilden die zahlreichen W. J.-Petrefakten, die, aus W. J.  $\delta$  und  $\epsilon$  stammend, aus diesen Schichten ausgewaschen und zusammen mit den Bohnerzen verschwemmt wurden. Dieselben sind vielfach mehlig verkieselt und zum Teil mit einem schwarzen Manganüberzug versehen: der Grad der Abrollung ist verschieden. Außerdem treten noch größere und kleinere, leichte, weiße Knollen aus Kieselmehl in ziemlicher Menge auf, die wohl ausgewitterte und ausgelaugte Feuersteinknollen oder Kieselschwämme darstellen. Als weitere akzessorische Bestandteile sind noch zu nennen: dunkelbraune Kristalldrüsen, dem regulären System angehörend, dieselben sind als Pseudomorphosen von Brauneisenstein nach Pyrit aufzufassen und stammen aus oberem W. J. Vom anstehenden Gestein finden sich hauptsächlich „in den oberen Teufen“ Gerölle von Calcit und calcitischem Kalk, sowie Gesteinsbruchstücke, diese liegen in einem leetigen, stark von kleinen weißen Kieseln durchzogenen bohnerzarmen Boden über den eigentlichen Erzlagern und haben sich oft mit einem dichten harten Mantel von diesen Kieseln, Bohnerzkörnern und sandigem Lehm umgeben. Die Kalksteine selbst sind mit rißartigen Hohlräumen durchzogen und zeigen starke Spuren der Auslaugung. Der aufgelöste Kalk verkittete dann die umgebenden Lehmmassen zu einem festen Konglomerat. Man hat also von innen nach außen folgende Anordnung:

W. J.-Stück mit scharfkantigen Umrissen, innerlich von zahlreichen Schwundrissen durchzogen.

Kleine Kiesel, Bohnerz, sandiger Lehm durch viel Calcit verbunden. Dasselbe mit weniger Calcit, daher weicher.

Bohnerzlehm.

Daneben kommen noch einige lößkindartige hohle Kalkkonkretionen vor. Einen ganz fremdartigen akzessorischen Bestandteil bilden die Quarzsande, die in allen Bohnerzen dieser Gegend vorkommen. Ich bezeichne sie als Bohnerzsande (über ihre Herkunft s. u.). Was die Art der Lagerung anbetrifft, so bin ich hier ganz auf die Beschreibung von ACHENBACH angewiesen (l. c. S. 117). „Ton und Bohnerz wechseln in Lagern von verschiedener Mächtigkeit miteinander ab, doch bei den unregelmäßigen Umrissen der Spalte

in weniger konstanter Weise, als auf einigen anderen Lagerstätten. Die oft nur handhohen Erzlager, Erzadern genannt, ziehen sich konform dem Einschoben der Gangspalte in die Tiefe.“ Hieraus läßt sich entnehmen, daß die Einlagerung der Erzmassen nicht in einem einzigen Akte geschah, sondern daß mehrere kleinere Einschwemmungen aufeinander folgten. Hierbei setzte sich immer das schwere Bohnerz zuunterst ab, wogegen die leichteren tonigen Massen sich darüber ablagerten. So erklärt sich wohl am besten die Wechselschichtung von Bohnerz und Ton. Für das Alter dieser Ablagerungen ist, wie schon oben bemerkt, Obermiocän bis Pliocän anzusetzen.

Die gleiche Bedeutung und noch größere Ausdehnung besitzen die Gruben auf dem Bergzug, der sich von Salmendingen südlich über das Köbele zum Aufberg und noch weiter südöstlich hinzieht. Die ausgedehnten Erzgruben liegen im Waldteil Burghalden. Diese Erzlagerstätte war eine der bedeutendsten im ganzen Lande und es wurde dort im vorigen Jahrhundert fast 50 Jahre ununterbrochen Erz abgebaut. Neben den eigentlichen jetzt noch sichtbaren Erzgruben trifft man

allenthalben auf der Hochfläche des Bergzugs im Acker- und Waldboden zerstreutes Bohnerz an. Die Stellen sind durch Ringe markiert. Alte Gruben liegen auch am Weg von Salmendingen zum Köbele, jedoch sind dieselben ganz verschüttet. Die Gruben in Burghalden liegen in geschichtetem W. J.  $\delta$  und zeigen noch recht deutlich ihr ursprüngliches Aussehen. Der Verlauf der großen, stellenweise bis zu 5 m breiten Spalte, läßt sich aus der beigegebenen Karte (No. 4) ersehen.

Ganz besonders ist dieser Spaltenzug dadurch interessant, daß derselbe teilweise unterirdisch verläuft, sich also als ursprüngliche Höhle zu erkennen gibt. Bei a ist

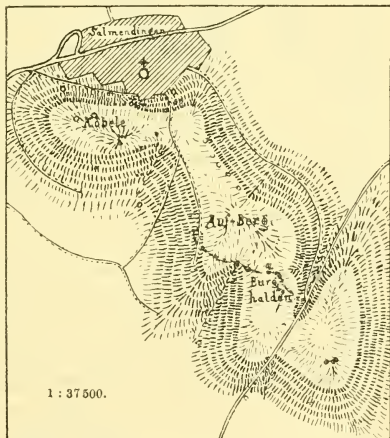


Abb. 4. Karte vom Köbele und Burghalden.

eine sogen. „Glasgrube“, d. h. mächtige, 3 m hohe und mehrere Meter dicke Kalkspatfelsen mit tropfsteinartiger, gezapfter Oberfläche bilden das Anstehende. Der Kalkspat ist rein weiß, nur etwas milchig trüb und bildet große strahlige Kristalle, die hier schon gebrochen und wagenweise fortgeführt wurden; zu welchem Zwecke ist mir unbekannt. Bei Punkt b liegt mitten im Wald ein kreisförmiges Loch von ca. 1½ m Durchmesser, dasselbe führt senkrecht zu einer ca. 10 m tiefen und ½—1 m breiten, unten etwas schräg verlaufenden Spalte, die sich unterirdisch in nördlicher Richtung noch 8 m weit verfolgen läßt. Die Decke der Spalte bildet geschichteter Deltakalk, kein Schutt, hier zeigen sich noch deutliche Spuren früherer Tropfsteinbildung, die nur in einer Höhle vor sich gegangen sein kann; ich habe dort einen meterlangen, 25—30 cm starken Stalagmiten hervorgeholt. Die Kluftwände sind zum Teil von Kalksinter überzogen, mit welchem Bohnerzkörner und sandiger Lehm zu einem Salbandkonglomerat verbacken sind, ganz gleich wie am Monk. In einzelnen Apophysen der Höhle findet man noch etwas anstehendes Bohnerz. Doch ist der Besuch dieses Loches, weil ziemlich gefährlich, nicht zu empfehlen. Im übrigen finden sich im ganzen Spaltenzug die lehmigen Süßwasserkalke und Konglomerate. Das Bohnerz selbst ist von demselben zusammengesetzten Typus, wie am Monk, ebenso auch der Lehm, der denselben Quarzsand und die gleichen Schwermineralien führt. An Reichtum der Säugetierreste steht der Burghalden hinter dem Monk zurück; die meisten Funde, welche als von Melchingen stammend etikettiert sind, kommen aus den Gruben auf der linken Laucherseite. Dagegen wurden die zuerst für Menschenzähne gehaltenen Zähne von *Dryopithecus suevicus* KP. und *Anthropodus Bruncoi* SCHLOSSER in den Gruben im Burghalden gefunden. Im übrigen sind die akzessorischen Bestandteile vollständig analog denen vom Monk. Die Art der Lagerung ist auch ganz dieselbe, es wechseln erzführende Schichten mit tauben Tonbänken ab. Nach ACHENBACH (l. c. S. 122) ergibt sich folgendes Profil:

Ton
3—5 Fuß Erz,
3—5 „ Ton,
4—5 „ Erz.

„In Erz scheiden sich Ton- und Sandstreifen, im Ton Erzstreifen aus.“

Ein noch größeres Bohnerzgebiet liegt etwas weiter südlich



in der Umgebung von Ringingen. Das Vorkommen am Burren südöstlich von Ringingen soll sehr gutes Erz geliefert haben, ist aber jetzt ganz verstürzt. Noch sehr gut erhalten sind die Bohnerzgruben auf dem

### Eisenloch<sup>1</sup>

eine Viertelstunde südwestlich Ringingen (s. Abb. 5). Schon der Name des ebenfalls aus W. J.- $\gamma$  und  $\delta$  aufgebauten Berges besagt dessen Erzreichtum, der 1830 bis 1840 bis zu 40 Fuß Tiefe abgebaut wurde. Man trifft dort finstere Klüfte, die jetzt noch 8—10 m in die Tiefe führen.

Auch hier ist der oberflächliche Spaltenzug stellenweise unterbrochen und verrät dann die ursprüngliche Höhlenbildung, wie wohl Tropfsteingebilde nicht in dem großartigen Maßstabe auftreten, wie an den oben beschriebenen Fundplätzen. Es scheint hier etwas Wassermangel geherrscht zu haben. Immerhin aber sind die Kluftwände stark korrodiert und tragen einen feinen kreideartigen Überzug. Salbandkonglomerate finden sich ebenfalls, jedoch sind dieselben weniger erhärtet und zerfallen daher leicht.

Das Bohnerz ist etwas dunkler und schwerer, enthält weniger sekundäres Bohnerz; der Lehm ist reicher an Quarzsand, besonders gegen oben hin. Die Schwermineralien setzen sich zusammen aus: reichlich Magnetit, Zirkon und Spinellen, daneben Rutil, Staurolith, Turmalin, Epidot, Andalusit (selten). Die gefundenen Säugetierreste stimmen mit denen von Salmendingen vollkommen überein. Das Erz ist in Bänken abgesondert, die mit rotem Ton wechsellagern. ACHENBACH gibt nachstehendes Profil:

10 Fuß	Erz,
6—10	„ Ton.
15—18	„ Erz,
	toniges W. J. $\gamma$ .

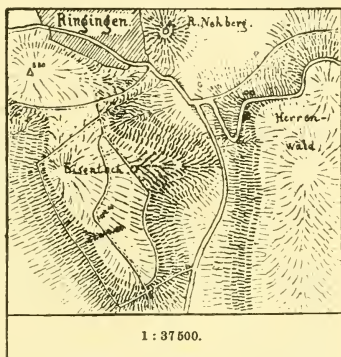


Abb. 5. Karte von Ringingen, Eisenloch und Herrenwald.

<sup>1</sup> Achenbach, l. c. S. 114 beschreibt dieses Vorkommen unter dem Namen Hölschloch, ich bediene mich der Bezeichnung der topographischen Karte.

Besondere Erwähnung verdienen noch die Bohnerzgruben nördlich Willmandingen bis gegen Genkingen hin. Überall finden sich Spuren eines ausgedehnten Erzbaues, so ganz besonders am Winzloch und auf  $\triangle$  856. Das Erz zeichnet sich besonders durch seinen Reichtum an sekundärem Bohnerz aus. Leider war kein anstehendes Bohnerz mehr anzufinden, weshalb ich auch den Bohnerzlehm nicht näher untersuchen konnte. Eine Bodenprobe aus unmittelbarer Nähe der Spalten enthielt etwas Quarzsand und kleine weiße Kiesel. Säugtierreste liegen mir nicht vor, doch aus dem sekundären Bohnerz zu schließen, scheinen diese Lager mit denen vom Monk gleichalterig zu sein.

Zu nennen wäre noch das Vorkommen südlich vom Bolberg, wegen des reichlichen Absatzes von Süßwasserkalk am Salband, sowie das vom Genkinger Rinderberg. An letzterem Orte, wo jetzt die Gruben vollständig mit Feldsteinen ausgefüllt sind, wurde feinkörniges sandartiges Bohnerz gegraben<sup>1</sup>. Daneben trat mit diesem und Bohnerzton wechsellagernd feiner heller Quarzsand auf, der auch am Undinger Rinderberg vorgekommen sein soll.

Bei St. Johann trifft man 1 km westlich an der Straße nach Eningen in muldenförmigen Gruben neben Bohnerz in gelbbraunem Lehm große Brauneisensteinbrocken, sowie teils schlackige schwarze, teils sandige dunkelrote Eisensteine. Ob früher an dieser Stelle Bohnerz gewonnen wurde, ist mir nicht bekannt. Circa 400 m weiter östlich am Nordfuß des Steingebühls kommt in einer Spalte des W. J. 8' gelber bis gelbbrauner Lehm mit feinem Bohnerz und Quarzsand vor, darüber liegt eine 30—40 cm starke Decke von braunem rauhem Lehm mit spärlichem Bohnerz. Die Schwermineralien sind dieselben wie die von Salmendingen, nur viel reichlicher. Überhaupt ist die ganze Gegend um St. Johann sehr reich an Bohnerz, wie die vielen Bohnerzkörner, die man allenthalben bis gegen den Grünen Felsen hin und überall auf den Äckern findet, beweisen.

Das Bohnerzlager vom Sirgenstein gehört zwar nicht mehr in mein eigentliches Arbeitsgebiet, immerhin aber dürfte die dortige Schichtenfolge einiges Interesse bieten, zumal da es sonst nirgends möglich war, ein Bohnerzlager genau zu profilieren. Anlässlich der Ausgrabungen, welche Herr Dr. R. R. SCHMIDT im Sommer 1906 daselbst vornahm, wurde auch das Liegende der paläolithischen

<sup>1</sup> Quenstedt, Begleitworte zu Blatt Tübingen. 1865. S. 13.

Kulturstätten einer genaueren Untersuchung unterzogen und ergab nachstehendes Profil:

- a) 40 cm humoser Boden.
- b) } neolithische Kulturschichten.
- c) } 154 " Paläolithische Kulturschichten.
- d) 15 " sandiger, hellbrauner Lehm.
- e) 15 " lehmiger Dolomitsand, in verschieden gefärbte, 1–1½ cm dicke Schichten abgesondert.
- f) 10 " brauner, fetter Lehm mit wenig Bohnerz.
- g) 15 " feiner Jurakies mit Bohnerz durch kalzitisches Zwischenmaterial verkittet; daneben Lehm.
- h) 16 " gelbbrauner Lehm, nach unten bohnerreicher, dazwischen gelbe, sandige (dolomitische) Knollen mit dunkler Transversalschichtung und eingeschlossenem Bohnerz.
- i) 20 " gelbbrauner, fetter, plastischer Lehm mit größeren W. J.-Stücken (3–6 cm Durchmesser).
- k) 3.5 " magerer, sandiger Lehm.
- l) 25 " fetter Lehm, wie Schicht i.
- m) 20 " dunkelbrauner, bohnerreicher Lehm.
- n) 20 " hellerer Ton mit dünnen Bohnerzstreifen.
- o) 18 " dunkler Lehm mit spärlichem Bohnerz und einigen großen W. J.-Brocken (10–12 cm Durchmesser).
- p) 12 " ockergelber, fetter, plastischer Ton.
- q) 20 " dunkelbrauner, sandiger Bohnerzlehm, mit sehr viel primärem, normal-großem Bohnerz.
- r) 20 " hellbrauner, fetter Ton.
- s) 50 " typischer Bohnerzlehm mit viel Bohnerz, dazwischen feine Risse mit Brauneisenstein angefüllt, wodurch das umliegende Bohnerz zu einem festen Konglomerat verkittet wurde.

Der gegen 5 m tiefe Schacht wurde vor dem Höhleneingang niedergebracht und es steht wohl außer Zweifel, daß die jetzige Terrasse vor der Höhle einst vom Felsen überdacht war, daß man es also mit altem Höhlenboden zu tun hat, zumal da die Schichten ganz horizontal gelagert sind. Der vordere Teil der Höhle ist eben durch Denudation abgetragen und zu Tal gefördert worden; größere Felsstürze mögen die Sache beschleunigt haben. Besonders bemerkenswert ist hierfür Schicht g; zahlreiche größere und kleinere W. J.-Stücke sind unter sich und mit Bohnerz durch reichlichen Kalkspatabsatz zu einer ziemlich festen Masse verbacken. Oberflächlich zeigt sich ein tropfsteinartiger Überzug. Es ist dies eine für Höhlen charakteristische Art der Bodenbedeckung. An organischen Beimengungen fand sich keine Spur, was auch bei einer nach außen abgeschlossenen Höhle wohl begreiflich ist. So ergeben sich für die Altersbestimmung nur ganz unsichere Anhaltspunkte.

Soviel wenigstens steht fest, daß dieses Vorkommen ins Tertiär zu stellen ist. Ich bin der Ansicht, die tiefsten Schichten mit dem zweifellos auf primärer Lagerstätte befindlichen Bohnerz haben sich gleichzeitig mit den älteren Bohnerzen gebildet und niedergeschlagen, die übrigen Schichten während der späteren Tertiärzeit bis zum Pliocän herauf. Auch muß die Abtragung des einstmals viel mächtigeren Sirgensteinfelsens und die Bildung der Terrasse vor dem jetzigen Höhleneingang noch während der letzten Perioden dieser Ära erfolgt sein, da sehr bald nach Beginn der Diluvialzeit der Mensch sich in und vor der Höhle niederließ. Von sämtlichen Schichten wurden die Schwermineralien bestimmt. Das Resultat war aus Schicht f—s: Zirkon, Rutil, Spinelle, Magnetit, Turmalin, Epidot; aus Schicht a—e dieselben Mineralien, dazu aber noch Staurolith Disthen, Granat, Glaucophan. Diese Mineralien, hauptsächlich die beiden letzteren, weisen auf diluviale Bildung hin, es wäre also zwischen Schicht e und f die Grenze zu ziehen.

Ähnliche Bohnerzablagerungen trifft man in allen Höhlen der schwäbischen Alb an. Überall findet man das Verhältnis, daß der zähe Höhlenlehm nach unten in Bohnerzletten übergeht. Das Bohnerz ist in den meisten Fällen autochthon gebildet. In dem Heppenloch bei Gutenberg, das als prähistorische Wohnstätte und durch die Funde diluvialer Säugetiere, besonders aber von Resten eines pliocänen Affen<sup>1</sup> des *Inuus suevicus* HED. bekannt ist, brachten die Ausgrabungen im Jahre 1890 interessante Aufschlüsse<sup>2</sup>. Gleich rechts am Eingang befand sich unter der Kulturschicht ein kleines Bohnerzlager mit sandigem Lehm, der reichlich Phosphorsäure enthielt, sowie dreierlei sehr plastische Lehmarten: „1. fast ganz weißer fetter Ton, 2. schön kaffeebrauner, mit Kanten und Flächen wie Kristalle (Bol), 3. gelblicher Lehm. Die chemische Untersuchung ergab einen großen Gehalt an  $MnO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $H_3PO_4$ ,  $SiO_2$ , viel  $Al(OH)_3$ ,  $KCl$  und  $NaCl$ .“ In der zweiten Halle, die sich durch die bedeutenden Knochenfunde auszeichnete, lag teils über, teils unter dem Knochenlager ein Gemenge von Lehm mit Jurakies, Feuersteinsplittern und Bohnerzkörnern, teilweise durch calcitisches

<sup>1</sup> Hedinger, Über fossile Affen. Diese Jahreshefte 1822. S. XCIV. — Derselbe: Über die pliocänen Affen des Heppenlochs. N. Jahrb. f. Min. etc. 1891. I. — Derselbe: Höhlenfunde aus dem Heppenloch. Diese Jahreshefte 1891. S. 1.

<sup>2</sup> Endriß, Zur Geologie der Höhlen des schwäb. Albgebirges. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1892. S. 49.

Bindemittel hart verbacken. Der sogen. „Lehmberg“ stellt eine dunkelgelbbraune Ausfüllmasse dar aus Quarzsand, Bohnerz führendem Lehm mit Feuersteinen und viel Juraschutt bestehend; zweifellos ist dieses Gemenge von oben durch eine Spalte eingeschwemmt worden, da es den Schottern bei der Schopflocher Torfgrube äußerst ähnlich sieht. Es ist jedenfalls tertiäres Material. In dem eigentlichen lagerhaften Höhlenlehm kam auch primär gebildetes Bohnerz vor, das die fester gefügten, unteren Lagen bildete; auch diese Ablagerungen dürften noch ins Pliocän zurückreichen.

Ein ähnliches teilweise geschichtetes Gemisch von Sand, Lehm, Bohnerz und Jurakies findet man auch in den anderen Höhlen der Gegend. Von der Ablagerung im Montmilchloch bei Sperberseck wurde durch Herrn Dr. SCHÜTZE folgendes Profil aufgestellt<sup>1</sup>:

- 1,40 m Höhlenschutt.
- 0,10 „ Sinterdecke.
- 3,30 „ typischer Höhlenlehm, enthält ziemlich viel Kalk, zeigt die Struktur der zusammengesetzten Lehme und führt lößkindartige Kalkkonkretionen.
- 0,80 „ gelbgrünlicher, sehr sandiger Lehm, kalkhaltig; Glaukonit und etwas Bohnerzkörnchen sind beigemischt. Nach unten sandiger und bohnerzreicher.
- 0,30 „ sandiger Bohnerzton mit viel Quarzkörnchen und einigen faustgroßen, kieseligen Brocken.

Anstehender W. J. d.

Im Sibyllenloch an der Teck wurde durch E. FRAAS<sup>2</sup> bei den Ausgrabungen unter 1,7 bis 2 m starkem Höhlenschutt ein zum Teil über 2 m mächtiges Lager von dunkelbraunem, feingeschlammtem Bohnerzton, der nach unten bohnerzreicher wird, festgestellt.

Zum Vergleich sei noch das Bohnerzlager von

#### Frohnstetten

kurz angeführt. Gegenwärtig ist dort nichts mehr von der ursprünglichen Lagerung zu sehen, ich bin daher ganz auf Literaturangaben<sup>3</sup> angewiesen. Die bedeutendsten und an Säugetierresten reichsten

<sup>1</sup> Höhlenuntersuchungen an der Schwäb. Alb. Blätter d. Schwäb. Albver. 1902. S. 329—334.

<sup>2</sup> Die Sibyllenhöhle auf der Teck bei Kirchheim. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1899. S. 75.

<sup>3</sup> O. Fraas, Tertiäre Ablagerung auf den Höhen des Heubergs. Diese Jahreshfte. VIII. 1852. S. 56. — Achenbach, Über Bohnerze auf dem südwestlichen Plateau der Alb. Diese Jahreshfte. XV. 1859. S. 123. — Quenstedt, Begleitworte zu Blatt Balingen und Ebingen. 1877. S. 41.

Bohnerzgruben befanden sich im sogen. Härdtle, 3 $\frac{1}{2}$  km westlich Frohnstetten, einer flachen, beckenartigen Vertiefung auf W. J.  $\epsilon$ . Diese Mulde mißt ca.  $\frac{1}{2}$  Quadratmeile und wurde von O. FRAAS als altes Seebecken charakterisiert, in welchem sich die Wasser von den umliegenden Höhen sammelten. Die Gruben lagen hart am Rande dieser Mulde und lieferten nach O. FRAAS (l. c. S. 57) folgendes Profil:

- 2 Fuß Rasen.
- 8 „ feinstes Bohnerz, seltene, aber trefflich erhaltene Zähne von Paläotherien. Der Schmelz ist hier am glänzendsten.
- 12 „ gelbe Tone und Jurageschiebe, leer an Erz und Zähnen.
- 1.5—2 „ Tonbank mit Erzen und zahlreichen Knochen und Zähnen.
- 15 „ reinstes Erz, viel gröber als oben, ganz leer von Zähnen.

QUENSTEDT<sup>1</sup> schätzt die Menge der gefundenen Zähne auf eine Million. Das Verhältniß der Tierarten gibt O. FRAAS folgendermaßen an: „Unter 100 Zähnen sind 90 von Paläotherien, 8 von Anoplotherien, einer von *Palacomeryx* und ein jurassischer Zahn von *Megalosaurus* (*Geosaurus maximus*) oder *Notidanus*. Auf etwa 500 Dickhäuter kommt ein einziger Fleischfresser.“ Das Erz war „fein bis grobkörnig, mehr oder weniger kugelig, dünnkonzentrisch schalig, tonig, matt, leicht. Der Ton fett, braun, weiß, braun und weiß gestreift.“ Da auch hier Ton und Erz miteinander wechsellagern, so liegt die Ansicht nahe, daß das Bohnerz sekundär verlagert ist, doch wäre dann der Transport kein weiter gewesen, da die Knochen und Zähne hier fast gar nicht abgerollt sind. Andererseits ist eine Wechsellagerung von mehr und weniger eisenschüssigem Ton auch denkbar, wenn man annimmt, daß in dem Ton mit höherem Eisenhalt das Bohnerz sich bildete, während aus dem darüber liegenden Lehm das Eisen ausgelaugt und zur Tiefe geführt wurde. Jedenfalls aber hat nach Einschwemmung der Knochen etc. eine Bohnerzbildung stattgefunden, wie die mit Bohnerz angefüllten Hohlräume der Knochen zeigen.

Von diesen Bohnerzlagern sind getrennt zu halten die stellenweise darüber liegenden, wesentlich jüngeren Dinotheriumschichten von Frohnstetten, die ins Unterpliocän zu stellen sind, wogegen die Bohnerze vom Härdtle eocänen Alters sind. Ähnliche Bohnerzlager finden sich bei Veringenstadt, dieselben sind aber oligocän.

<sup>1</sup> Klar und Wahr. 1871. S. 99.

Bezüglich der paläontologischen Beschreibung der Säugetierreste beschränke ich mich auf ein Verzeichnis der gefundenen Arten nach den Angaben von E. KOKEN<sup>1</sup>.

#### Frohnstetten:

Nager: *Theridomys siderolithicus* PICT.

Raubtiere: *Drepanodon bidentatus* FILH., *Cynodictis longirostris*, *Pterodon dasyuroides* GERV.

Paarzehige Huftiere: *Rhugatherium frohnstettense* KOW., *Anoplotherium (Diplobune) secundarium, commune* CUV., *Caenotherium elongatum* FILH., *Paragelocus Scotti* SCHL., *Tapirus hircinus* GERV., *Choeropotamus parisiensis* CUV.

Unpaarzehige Huftiere: *Palaeotherium medium* CUV., *crassum* CUV., *Paloplotherium minus* CUV., *Fruasi* u. a.

#### Veringenstadt:

Nager: *Pseudosciurus suevicus* HENS.

Raubtiere: *Pseudamphicyon lupinum* SCHL., *ferratus* QU. sp. *neglectus* SCHL., *Pseudaelurus Edwardsi* FILH., *Hyaenodon leptorhynchus* FILH., *L. Aymardi* FILH., *Paracynodon Wortmanni* SCHL., *musteloides* SCHL.

Paarzehige Huftiere: *Diplobune bavarica* FRAAS, *Quercyi* FILH., *Plesiomeryx cadurensis* FILH., *Entelodon magnum* AYM.

Unpaarzehige Huftiere: *Lophiodon buxovillanum* SCHL., *Pachynolophus isselianus* BL.

In den Dinotheriumsichten von Frohnstetten fanden sich Reste von: *Dinotherium giganteum* KP., *Amphicyon major* BL., *Pseudocyon* sp., *Felis* cf. *antediluviana* KP., *Chalicotherium Goldfussi* KP.

Die jüngeren Bohnerze der Tübinger Alb verraten sich durch ihre Säugetierreste als obermiocän bis pliocän; hauptsächlich aus letzterer Ära stammen die meisten Knochen und Zähne, welche der Fauna aus den unterpliocänen Sanden von Eppelsheim sehr nahe stehen:

Primaten: *Dryopithecus suevicus* KP., *Anthropodus Brancoi* SCHLOSSER.

Nager: *Hystrix suevica* SCHL., *Castor Quenstedti* SCHL., *Dipoides Jaegeri*, *Sciurus* sp.

<sup>1</sup> Führer durch die Sammlungen des Mineralogischen Instituts in Tübingen. 1905. S. 80.

Raubtiere: *Machaerodus cultridens* CUV., *Felis ogygia* KP., *Ictitherium hipparionum* GERV., *I. robustum*, *Ursus* sp., *Ursavus* sp., *Hyænarctos arctoideus*, Canide, *Promephitis* sp.

Proboscidier: *Mastodon longirostris* KP., *Dinotherium giganteum* KP.

Unpaarzeher: *Rhinoceros Goldfussi* KP., *Schleiermachers* KP., *simorreensis*, *Aceratherium incisicum* KP., *tetralactylum* LART., *Tapirus priscus* KP., *Hipparion gracile* KP.

Paarzeher: *Sus antiquus* KP., *palaeochoerus* var. *antediluviana* KP., *major* GERV., *Hyootherium Sömmeringi* M., *Listriodon splendens* H. v. M., *Antilope Jaegeri* RUET., *Antilope* sp., *Bos* sp., *Bison* sp., *Cervus suevicus* SCHLOSS., *Cervus tarundoides* SCHL., *C. Bertholdi* KP., *Palaeomeryx Pentelici* GUDRY, *P. posthumus* SCHL.

Abgesehen von der Verschiedenheit der Säugetierreste lassen sich noch weitere Unterschiede zwischen den älteren Bohnerzen von Frohnstetten und den jüngeren von Salmendingen etc. feststellen:

#### Ältere Bohnerze.

1. Reines, primäres Bohnerz, oft durch Brauneisenstein verbacken.
2. In den Erzlagern keine W.J.-Gerölle.
3. Keine Beimengung von Quarzsand.
4. Der Bohnerzlehm ist vollständig kalkfrei.
5. Die Bohnerze lagern in Mulden oder flachen Einsenkungen, selten in Spalten und nur auf oberstem W. J.
6. Die Fossilien sind meist gut erhalten.

#### Jüngere Bohnerze.

1. Stark abgerollte Mischung von primärem, sekundärem und Pseudo-bohnerz.
2. In den Erzlagern zuweilen W.J.-Kalk eingeschlossen.
3. Teilweise viel Quarzsand.
4. Der Lehm enthält bis zu 6%  $\text{CaCO}_3$ .
5. Die Bohnerze liegen in Spalten des mittleren W. J.
6. Die Fossilien sind oft bis zur Unkenntlichkeit abgerollt.

Eine Ablagerung noch jüngeren Alters stellen die mit Diluviallehm verschwemmten Bohnerze der Salmendinger Gegend vor. Hier findet man überall in den flachen Talmulden „Bohnerzböden“, bestehend aus schwarzbraunem lehmigen Humus mit einzelnen stark abgerollten Bohnerzkörnern und Geröllen, dazwischen hin und wieder in Brauneisenstein umgewandelte W.-J.-Petrefakten. Ein schöner Aufschluß dieser Schichten findet sich am oberen Teil der Salmendinger Steige, wo dieselben über geschichtetem W. J.  $\beta$  in einer Mächtigkeit von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  m anstehen. Es ergab sich nachstehendes Profil:



- 20—25 cm schwarzbrauner, lehmiger Humus mit einzelner Bohnerz.  
 91—100 „ dunkelbrauner, humoser Lehm mit W.J.-Geröll, sekundärem, abgerolltem Bohnerz und Brauneisensteinpetrefakten. Unten größere, plattige W.J.  $\beta$ -Stücke. Geschichteter Betakalk.

Diese Decke schneidet nach unten zu scharf gegen die bereits erwähnten Spaltenlehme ab. Die Brauneisensteinpetrefakten kommen in der ganzen Schicht gleichmäßig vor, auch habe ich darin eine Pseudomorphose von Brauneisenstein nach Schwefelkies gefunden, wie solche in den Bohnerzlehmen der Gegend vorkommen. Diese Bohnerzböden setzen sich also zusammen aus dem dunklen Verwitterungslehm des W. J.  $\beta$ ,  $\gamma$  und  $\delta$  und hergeschwemmtem Bohnerzlehm; letzterer ist ein Relikt von der obermiocänen Einschwemmung vom Monk etc., wobei das Bohnerz durch Beraubung seiner sekundären Lagerstätte auf die Betafläche verlagert wurde. Der Bohnerzlehm hat also das Schicksal, das die Bohnerze vom Monk etc. nur einmal getroffen hat, zweimal mitgemacht. Die Geschichte dieser Bohnerze wäre also ungefähr folgende:

1. primäre Bildung der Bohnerze auf Epsilon- oder Zeta-Untergrund;
2. die  $\varepsilon$ - und  $\zeta$ -Kalke werden denudiert, das Bohnerz sinkt auf die Deltahochfläche herab und wird hier zum Teil in Spalten eingeschwemmt — sekundäres Bohnerz;
3. ein Teil der  $\gamma$ - und  $\delta$ -Kalke verschwindet auch, das Bohnerz wird wieder teilweise seiner Lagerstätte beraubt und sinkt auf die Betahochfläche herab, wo es jetzt mit Diluviallehm vermischt lagert — diluviales Bohnerz.

Da die Bohnerze vom Monk etc. obermiocän bis pliocän sind, mithin ihre Einschwemmung erst im Unterpliocän vollendet war, muß zu Beginn der Pliocänzeit die Tübinger Alb noch eine ziemlich gleichmäßige Höhe von der des Monk gehabt haben. Demnach wären also die zwischen den aufgesetzten  $\gamma/\delta$ -Bergen der Salmen-dinger Alb liegenden Täler erst in der zweiten Hälfte des Pliocän angelegt und wohl auch noch in der ältesten Diluvialzeit vollständig ausgebildet worden. Daher ist wohl den verschwemmten Bohnerzlehmen dieser Gegend altdiluviales Alter zuzuschreiben.

Besonderes Interesse verdienen noch die beigemengten Jura-versteinerungen, dieselben bestehen durchweg aus Brauneisenstein und besitzen eine glänzende abgerollte Oberfläche. Es ist deshalb vielfach eine genaue Feststellung der Arten nicht mehr möglich. Es konnte mit Sicherheit bestimmt werden:

- Am. complanatus* QU. Leitfossil für W. J.  $\alpha$ .  
*Am. convolutus* QU. Br. J.  $\zeta$  bis W. J.  $\alpha$ .  
*Cosmoceras* sp. Br. J.  $\zeta$ .  
*Oppelia tenuilobata* OP. W. J.  $\gamma$ — $\delta$ .  
*Cardioceras alternans* QU. Lochenschichten.  
*Alaria bicarinata* GOLDF. *impressae* QU. W. J.  $\alpha$ .  
*Trochus impressae* QU. W. J.  $\alpha$ .  
*Alaria* cfr. *striocostula* QU. Br. J.  $\epsilon/\zeta$ .  
*Terebratula* (*Waldheimia*) *orbis* QU. W. J.  $\alpha'$ — $\delta'$ .  
*Astarte Parkinsoni* QU. Br. J.  $\epsilon$ .  
*Cidaris coronatus* AG. W. J.  $\alpha'$ — $\epsilon'$ .  
*Stephanophyllia florealis* QU. Leitend für W. J.  $\alpha$ .  
*Turbinolia impressae* QU. Leitend für W. J.  $\alpha$ .  
*Seyphia obliqua* GF. *Sporadophyle* ZITT. Lochensch.

Ganz auffallenderweise sind es hauptsächlich Petrefakten aus W. J.  $\alpha$  und oberstem Braunjura, die durch Verwitterung in Brauneisenstein umgewandelt worden sind. Zur Erklärung dieses seltenen Vorkommens setzt KOKEN<sup>1</sup> „alte, ziemlich tief einschneidende Flußläufe voraus, welche wie die Beera noch heute von NW. nach SO. strömend allmählich in immer höhere Schichten einschneiden, weil die Schichtentafel stärker geneigt ist, als die Talsohle.“ Aus dem Grade der Abrollung der einzelnen Petrefakten läßt sich allerdings auf eine ziemlich bedeutende Bearbeitung durch fließendes Wasser schließen, so daß ein Transport aus ziemlicher Entfernung denkbar wäre. Nun beträgt aber das Schichtengefälle von W. J.  $\beta$  in der Salmendinger Gegend nach QUENSTEDT<sup>2</sup> nur 1 : 115 oder = 0,87% nach SO., ebensoviel Gefälle würde auch ein in dieser Richtung verlaufender Fluß brauchen, um auch nur einigermaßen transportkräftig zu sein, es würde also in diesem Falle der Flußlauf immer auf derselben Schichtfläche erfolgen. Außerdem haben die Messungen von REGELMANN<sup>3</sup> ergeben, daß infolge mehrerer Verwerfungen die Schichten nicht gleichmäßig nach NW. mit durchschnittlich 0,98% ansteigen, daß vielmehr die nördliche Randzone der Alb entweder horizontal gelagert ist, oder mit 0,5% gegen

<sup>1</sup> Beitr. z. Kenntnis d. schwäb. Diluviums. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XIV. 1901. S. 149.

<sup>2</sup> Begleitworte zu Blatt Tübingen. S. 13.

<sup>3</sup> Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte von Württemberg, Baden und Hohenzollern. 1907. S. 25.

Norden einfällt. Die Mittelzone hat ein Gefälle von 1% gegen Süden, die südliche Zone ein solches von 2,4%. Danach wäre obige Erklärung KOKEN's, nach den jetzigen Lagerungsverhältnissen der Schichten zu urteilen, sehr in Frage gestellt. Der einzige Ausweg wird jetzt wohl in der Annahme zu suchen sein, daß die Randzone der Alb, vielleicht gerade von der bei Eningen und St. Johann durchgehenden Verwerfungsspalte an, zur Tertiärzeit größeres Schichtengefälle nach SO. besaß, und daß zu Ende der Tertiärzeit diese Scholle abgesunken ist. Speziell in der Gegend nordwestlich Salmingen aber stellt QUENSTEDT (l. c. S. 12) für Lias  $\alpha$  einen Schichtenfall nach Südosten von 1:32 oder rund 3% fest; wenn dasselbe auch auf die früher darüber liegenden W. J.-Schichten zutrif, so würden bei einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 150 m für Br. J.  $\zeta$  W. J.  $\alpha$  und  $\beta$  in einer Entfernung von 10 km diese Schichten die Meereshöhe erreichen, daß ein Fluß mit 1½% Gefälle die aus Br. J.  $\zeta$  und W. J.  $\alpha$  ausgewaschenen Petrefakten auf die Betahochfläche transportieren könnte.

Man hat es also auf dem Albplateau mit Bohnerzen von ganz verschiedenem Alter zu tun:

1. obereocäne Bohnerze vom Frohnstetter Typus;
2. unteroligocäne Bohnerze von Veringenstadt;
3. obermiocäne Bohnerze mit Anchitherium;
4. pliocäne Bohnerze mit Hipparium;
5. diluvial verschwemmte Bohnerze.

## V. Vulkanische Auswurfsprodukte als Beitrag zur Spaltenfüllmasse.

Die obermiocäne embryonale Vulkantätigkeit auf der Alb hat auch zur Ausfüllung der Gesteinsklüfte, wenn auch nur in ganz bescheidenem Umfange, beigetragen. Es wurden ja auch bei der Ausblasung der Schußröhren keine besonders großen Mengen loser eruptiver Mineralsubstanz ausgeschleudert, auch die Zerstäubung vulkanischer Asche war nicht bedeutend, immerhin aber lassen sich in Spaltenausfüllungen und Lehmlagerungen in direkter Nähe solcher Vulkanembryonen Spuren eruptiven Materials feststellen. Die losen staubförmigen Auswurfsprodukte der Vulkane erfuhren eine verhältnismäßig rasche chemische Zersetzung. Nur die widerstandsfähigsten Mineralien, wie Zirkon, Rutil und zum Teil Granat haben sich erhalten, von intaktem Olivin, Melilith, Nephelin, Augit, Horn-

blende, Apatit etc. ist nichts mehr zu sehen, diese Mineralien sind alle umgewandelt zu Magnetit oder titanhaltigem Magneteisen, Spinellen, Epidot, Quarz, verschiedenen Eisensilikaten und in einen grünlichen Ton, zu dem wohl die Hornblende die hauptsächlichsten Bestandteile lieferte. Die Beimengung einer wesentlichen Quantität von vulkanischem Material verrät sich also leicht an einer verhältnismäßig großen Menge von dunklen Schwerteilen, daneben Zirkonen und Rutilen, sowie einigen hellen Granaten; außerdem durch das Auftreten von Körnern eines grünlichen Tones, die zuweilen, wie beim Brunnen am Sternberg oder in der Spaltausfüllung nördlich Grabenstetten zu größeren Massen eines plastischen Tones angehäuft sind; auch in dem verwitterten Tuffboden vom Hochbohl oder an der Holzelfingersteige kommen derartige grünliche Tongebilde vor.

Nur eine größere Spaltausfüllung, die fast ausschließlich aus verwittertem vulkanischem Material besteht, ist mir bekannt geworden; sie liegt im W. J.  $\bar{z}$  direkt nördlich Grabenstetten. Schon QUENSTEDT<sup>1</sup> erwähnt grün und gelben Ton mit Sand, der „vielleicht von weißem Keupersandstein herrührt“, nördlich von Grabenstetten und hat auch dieses Vorkommen in die Karte als „Ts“ eingezeichnet. E. FRAAS<sup>2</sup> streicht diesen Punkt wieder aus der Karte. Er ist zwar ganz damit einverstanden, daß das Material aus dem Tertiär stammt, da sich diese Schichten aber jedenfalls nicht auf primitiver Lage befinden, sondern pleistocän verschwemmt seien, so trägt er dieses Vorkommen, um Mißverständnisse zu vermeiden, nicht mehr in die Karte ein.

In dem Steinbruch bei  $\triangle$  725,7 (s. Abb. 6 S. 231) direkt nördlich Grabenstetten sind zwei derartige Spalten mit gewöhnlichem einfachem braunem Spaltenlehm ausgefüllt, eine dritte (auf der Abbildung links) enthält den oben genannten gelbgrünen plastischen Ton, der besonders an der linken oberen Hälfte der Spalte mit dünnen Schichten eines gelben Quarzsandes wechsellagert. Die Spalte ist durchschnittlich 50—70 cm breit und streicht nach oben aus, im Gegensatz zu den anderen, in demselben Steinbruch befindlichen Spalten, welche oben wieder durch Gesteinsplatten bedeckt sind. Der grüne Ton geht ganz bis an die Oberfläche und durchsetzt die aus braunem Lehmboden mit Feuersteinknollen und einigen

<sup>1</sup> Begleitworte zu Blatt Urach. 1869. S. 11.

<sup>2</sup> Nachträge hierzu, 1902. S. 7.

Bohnerzkörnern bestehende Deckschicht mit einer scharfen senkrechten Grenze.

Die petrographische Untersuchung des Tones ergab eine ganz erstaunliche Menge von schwarzen Schwermineralien, die als Spinelle (Picotit und Pleonast) sowie Magnetit bestimmt wurden, daneben fanden sich einige helle Granaten, ziemlich viel Zirkon und Rutil, sowie Staurolith, Turmalin, Epidot, Disthen und verhältnismäßig zahlreiche Andalusit. Der gleiche grüne Ton kommt auch auf dem



Abb. 6. Spaltausfüllung bei Grabenstetten.

Sternberg vor, hat ebenfalls so viele schwarze Schwermineralien, aber keine Spur von Andalusit und Disthen. Diese beiden Mineralien, die auch BRÄUHÄUSER<sup>1</sup> in den sandigen Lehmen bei der Schopflocher Torfgrube fand und als auffallend bezeichnet, sind den Basalttuffen völlig fremd und stammen aus den beigemengten Sanden, die sich hierdurch als sekundäre Beimengung ergeben. Sonst entspricht dieser grüne Ton vollkommen dem vom Sternberg, nur daß letzterer, wie alle verwitterten Tuffe, kohlenstoffhaltig ist, und auch gröbere braune Beimengungen enthält. Man kann also den Grabenstetter

<sup>1</sup> Diluvium der Kirchheimer Gegend. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XIX. 1904. S. 142.

Ton als ein Ausschlämmprodukt verwitterten vulkanischen Materials betrachten; es ist ja auch der Basaltgang an der Grabenstetter Steige, sowie das Maar, worauf Grabenstetten selber liegt, in direkter Nähe. Das Material dieser Spaltausfüllung wäre also mittelmiocän. Die Einschwemmung muß wohl sehr bald nach der Eruption erfolgt sein, da bei längerer Lagerung eine Vermischung mit dem damals bereits vorhandenen Verwitterungslehm eingetreten wäre. Jedenfalls sind aber die damit wechsellagernden Quarzsande ziemlich gleichzeitig eingelagert. Der Decklehm weist lange nicht den gleichen Gehalt an schwarzen Schwermineralien auf, sondern zeigt den normalen Mineralgehalt der gewöhnlichen Spaltenlehme mit Bohnerz; er wurde also nicht oder nur sehr wenig mit vulkanischem Material vermischt. Dieser Decklehm ist gegenüber dem Ton so scharf abgegrenzt, wie wenn er einen Teil des Anstehenden ausmachen würde und seinerzeit die Bildung dieser Spalte mitgemacht hätte. Man wäre deshalb wohl versucht, ihm höheres Alter zuzuschreiben, als den Tonen; dies wäre aber unrichtig, denn wenn der Lehm schon zur Mittelmiocänzeit derartig gelagert gewesen wäre, hätte dies notwendig bei der Einschwemmung des grünen Tons eine Vermengung beider zur Folge gehabt, von einer solchen ist aber keine Spur zu entdecken. Vielmehr waren im Mittelmiocän noch weitere, zum Teil feuersteinknollenführende W. J. ζ-Schichten auf den jetzigen Plattenkalken aufgelagert; es bildete sich, wohl als Begleiterscheinung der damaligen vulkanischen Tätigkeit, die Spalte, in welche dann das umgewandelte vulkanische Material eingetragen wurde. Die Verwitterung arbeitete immer unter der bereits bestehenden Decke von lehmigem Lösungsrückstand weiter, indem die durchsickernden Wasser aus den obersten Gesteinsschichten den Kalk auslösten und durch die Ritzen des Gebirgs entführten. So sank die Lehmdecke ganz langsam tiefer und tiefer. Von dieser Verwitterung wurde der gegenüber dieser langsamen auflösenden Tätigkeit des Wassers völlig indifferente zähe Ton nicht berührt, er blieb vielmehr ähnlich einem schwer angreifbaren Ganggestein als Mauer in dem Verwitterungslehm bestehen, bis er an der Oberfläche durch die denudierende Kraft des fließenden Wassers abgetragen wurde.

Weitere Spaltausfüllungen, bei welchen sich eine Beimengung vulkanischen Materials bemerkbar macht, finden sich noch mehrere auf der Alb, da bei diesen jedoch der Sandgehalt vorwiegt, so will ich dieselben in dem Abschnitt über Sande näher besprechen.

## VI. Sande.

Schon bei der Besprechung der Bohnerze fielen die gleichzeitig vorkommenden Sande auf, die teils im Bohnerzlehm selber liegen, teils lose und schüttig mit Bohnerz und Bohnerzlehm wechsellagern. QUENSTEDT<sup>1</sup> beschreibt die Sande von Undingen und Genkingen als auffallend und verlegt ihren Ursprungsort in die Alpen. Außer diesen sogen. Bohnerzsanden findet man noch manche sporadisch zerstreute Sandablagerungen, teils in Spalten, teils in flachen Mulden.

### 1. Die Bohnerzsande.

Überall in den obermiocänen und pliocänen Bohnerzlehmen auf der Hochfläche der Tübinger Alb kommt der auffallend gleichmäßige Quarzsand vor, dessen Korngröße selten 0,5 mm Durchmesser übersteigt. Bei Genkingen und Undingen fand sich derselbe in größerer Menge, teils mit Bohnerz wechsellagernd, teils als selbständiges Spaltenfüllmaterial. Leider ist von letzterem gar nichts mehr zu finden, ich bin daher auf zwei Proben angewiesen, die sich in den Sammlungen des Instituts befanden. Die Sande von Genkingen und Undingen sind einander vollständig gleich und stimmen auch mit dem aus den Bohnerzlehmen von Salmendingen etc. ausgeschlammten Sand vollkommen überein. Bei genauer Untersuchung zeigt sich, daß dieselben ihr Material aus zwei verschiedenen Formationen entnommen haben und zwar 1. aus dem Jura und 2. aus dem Tertiär. Aus dem Jura stammen die zahlreichen verkieselten Skelettreste von Spongien, die ungefähr  $\frac{1}{10}$  der Gesamtmenge ausmachen, sowie kleinste Knochenstückchen und Trümmer von W. J.-Petrefakten. Aus dem Tertiär stammt wohl das meiste übrige Material, speziell die Quarze und die andern Mineralien, welche zwar auch zu einem geringen Teil aus dem W. J.-Verwitterungslehm ausgewaschen sein mögen. Über die Herkunft und das Alter dieses tertiären Materials siehe am Schluß dieses Abschnitts. Die petrographische Untersuchung ergab: Quarze rund und meist glashell, vielfach mit Einschlüssen von Rutilnadeln; Glimmer; Zirkone in ausgebildeter Kristallform, meist aber abgerundet, ebenso Rutile. In einiger Anzahl treten schwarze Spinelle auf mit deutlicher oktaedrischer Form; in untergeordneter Menge Turmalin, Epidot, Staurolith und ganz selten Andalusit und Disthen (vergl. auch die Spaltausfüllung bei Erpfingen, S. 203). Das Ganze zeigt Spuren einer be-

<sup>1</sup> Begleitworte zu Blatt Tübingen, 1865, S. 13.

deutenden mechanischen Bearbeitung, da selbst die harten Zirkone und Rutilte gerundet sind.

Eine größere Anhäufung von ähnlichen Sanden findet man weiter südlich bei Ringingen (s. Abb. 5 S. 219). Die Straße, die von Ringingen über die Höhe nach Stetten unter Hohlstein führt, schneidet am Herrenwald eine 50—80 cm breite Spalte in W. J.  $\delta'$  an, die in nordöstlicher Richtung noch ca. 4 m in den Berg hinein verfolgt werden kann. Die senkrechte Spalte ist nicht keilförmig, sondern schließt unten trogartig ab, man hat es also mit einer Auslaugung weicherer Schichten in den Schwammkalken zu tun. Es konnte folgendes Profil festgestellt werden (s. Abb. 7):

- 1—1,5 m Hangendes; größere plattige W. J.-Stücke durch mergeliges Zwischenmaterial zu einer harten Decke verbunden; darüber Gehängeschutt und lehmiger Humus.
- f) 15 cm gelber, feinkörniger, oben noch etwas lehmiger Quarzsand mit vielen kleinen, weißen, verschieden geformten Kieseln und Resten von W. J.-Petrefakten: nach unten viele kleine, zum Teil manganisierte Bohnerzkörner.
- e) 3—4 „ gelber, feiner Sand mit wenigen Beimengungen.
- d) 25 „ wechselnd harte und weiche Schichten von Quarzsand, feinem Bohnerz und Kieseln, je 2—3 cm stark.
- c) 28 „ lockeres, bohnerreicheres Gemenge von Bohnerz, Kieseln und Quarzsand.
- b) 20 „ größeres Material von der gleichen Zusammensetzung, zu welligen, harten, 7—12 cm dicken Bänken verbacken, dazwischen loser Sand mit Bohnerz.
- a) 5—8 „ feiner, gelber Quarzsand, greift in die Vertiefungen des Liegenden ein.

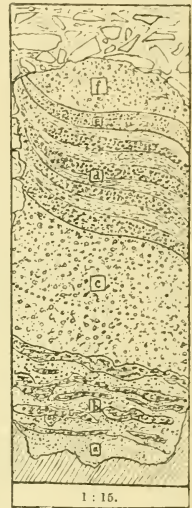


Abb. 7. Profil der Sandablagerung im Herrenwald.

Liegendes: W. J.  $\delta'$  ziemlich angefressen und mit einer braunen Kruste von verkittetem Sand und Bohnerz überzogen.

Die mineralogische Untersuchung des Sandes, dessen Korngröße den Durchmesser von 1 mm nicht übersteigt, ergab: als Hauptbestandteile Quarze, daneben schwarze Spinelle, Magnetit, Eisen-silikate, Rutil und Zirkon; als seltenere Gemengteile Turmalin,



Epidot, Staurolith, Andalusit und Disthen. Die Quarze sind alle gerundet, teils glashell, vielfach aber durch Einschlüsse getrübt; manchmal findet man in denselben schöne Rutilnadeln. Dieselbe Abrollung zeigen auch die übrigen Bestandteile, wogegen die Spinelle und Magnetite meist oktaedrische Kristallform besitzen. Aus der Struktur der Füllmasse zu schließen, ist das Material durch Wasser eingetragen worden, dessen Kalkgehalt nachträglich die Sandkörner verkittet hat. Genau dieselben Sande, nur etwas mehr mit Bohnerzlehm vermengt, treten auch in den Bohnerzspalten auf dem Eisenloch auf und scheinen wohl früher mit dem Vorkommen vom Herrenwald in Zusammenhang gestanden zu sein.

Geht man weiter südlich nach Bitz, so findet man dort wieder Quarzsande. Auch QUENSTEDT<sup>1</sup> erwähnt einen echten klaren Quarzsand südwestlich bei Bitz an der Ebinger Straße, „der an die Tertiärsande der Nagelfluhe bei Stetten am kalten Markt erinnert“. Im Hohlefels bei Bitz kommen teils harte Brocken eines grobkörnigen gelblichweißen Sandsteins vor, der ganz an die marinen Molasse-sande erinnert, teils feiner gelbbrauner eisenschüssiger Sand, wie bei Ringingen, der ebenfalls zuweilen zu harten Stücken verbacken ist; letzterer ist wohl aus dem groben Sand ausgeschwemmt worden, da der Mineralienbestand in beiden ganz derselbe ist. Man hätte also hier einen Übergang einerseits zu den Grobsanden der marinen Molasse, anderseits zu den Bohnerzsanden.

## 2. Die Sande ohne Bohnerz von Holzelfingen, bei St. Johann und am Grünen Felsen.

QUENSTEDT<sup>2</sup> erwähnt das Sandvorkommen vom Jochimer Häule bei Holzelfingen als höchst merkwürdig und führt auch die Sande vom Grünen Felsen an. Er betrachtet diese Sande als alpinen Ursprungs, die durch einen „großartigen Waschprozeß“ hierhertransportiert worden seien, und hat sie auch deswegen in die geologische Karte eingetragen. E. FRAAS<sup>3</sup> hat dieses Vorkommen nicht mehr als „Ts“ eingezeichnet aus dem oben bei den Grabenstetter Sanden angeführten Grunde.

Ungefähr 1 km nordöstlich Holzelfingen erhebt sich ein flacher Bergrücken, aus zuckerkörnigem  $\epsilon$ -Kalk und zum Teil Dolomit bestehend, das Jochimer Häule, bekannt als Aussichtspunkt. An dessen

<sup>1</sup> Begleitworte zu Blatt Ebingen, 1877. S. 41.

<sup>2</sup> Begleitworte zu Blatt Urach, 1869. S. 11.

<sup>3</sup> Nachträge hierzu, 1902. S. 7.

Nordwestabhang liegt die alte Sandgrube, die jetzt stark verschüttet ist. Man hat es hier mit keiner eigentlichen Spalte zu tun, vielmehr mit einer kesselförmigen Einsenkung in W. J.  $\varepsilon$  (s. Abbild. 8). Ich habe hier zum Teil durch Grabung folgende drei Profile aufgenommen:

### 1. Profil bei A.

- A a) 40 cm dunkelbrauner, humoser, bröckeliger Lehm.
- A b) 30 „ derselbe Lehm, aber etwas feiner, enthält ziemlich viel Dolomitsand und größere Dolomitbrocken.
- A c) 20 „ feiner, hellbrauner bis graugelber, sandiger Lehm mit vereinzelt Dolomitstücken, enthält wenig Dolomitsand und vorwiegend Quarzsand.
- A d) 15 „ brauner, ziemlich lehmiger Quarzsand, dazwischen eine 6 cm starke Lage helleren, sandigen Lehms.
- A e) 8 „ gelblichweißer, sandiger Ton.
- A f) 2 „ violett gefärbte Tonschicht mit viel Quarzsand und Spinellen.
- A g) 85 „ und noch tiefer, graugelbe, sandige Tonerde, dazwischen immer wieder schwache Schichten von gelbbraunem Quarzsand und violettem Ton: ähnelt sehr den Tonen vom Härdfeld.

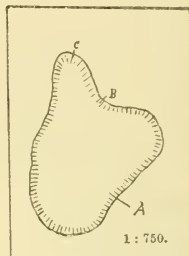


Abb. 8. Sandgrube auf dem Jochimer Häule.  
A, B und C = Ort der Profile.

### 2. Profil bei B.

- B a) 25 cm dunkelbrauner, sandiger Dolomitboden mit etwas Quarzsand.
- B b) 50 „ große Dolomitbrocken, dazwischen gelbbrauner, schüttiger Quarzsand mit einzelnen kleineren Stücken von weichem Eisensandstein.
- B c) 50 „ Nach unten wird der zwischen die Dolomitbrocken eingelagerte Sand lehmiger und färbt sich dunkler.

### 3. Profil bei C.

- C a) 20 cm dunkler, sandiger, humoser Lehm, zerfällt getrocknet in einzelne prismatische Stücke.
- C b) 60 „ Dolomitbrocken, äußerlich stark angewittert, dazwischen gelbbrauner, schüttiger Quarzsand.
- C c) 50 „ Der Quarzsand wird toniger (nach unten zu keine Stücke vom Anstehenden mehr) und entspricht ganz der Schichte Ag.

Der durch äußerlich anhaftendes und wohl erst sekundär zugeführtes Eisenoxydhydrat braun bis gelbbraun gefärbte Sand hat eine sehr gleichmäßige Korngröße, fast durchweg unter 0,5 mm. Nur ganz vereinzelt finden sich Quarzkörnchen, die durch das 0,5 mm-Sieb nicht durchgehen. Die ziemlich stark kantengerundeten Quarzkörner führen sehr oft Einschlüsse von Flüssigkeits- oder Gas-

bläschen oder von strahligen braunen Rutilen. Daneben kommt noch etwas Glimmer und Magnetit vor. Bei der Trennung des Sandes nach dem spezifischen Gewicht ergab sich eine bedeutende Menge von Schwermineralien, hauptsächlich Picotit und Pleonast, so daß die Präparate ganz schwarz aussehen. Die Spinelle tragen vielfach einen weißen flockigen Überzug, fast alle sind aber sehr gut oktaedrisch ausgebildet, daher wohl als Mineralneubildungen anzusehen, nur wenige sind abgerundet. Die Zirkone und Rutilen, erstere in relativ beträchtlicher Menge, zeigen zum Teil runde Körnerform, teils prismatischen Habitus mit Pyramidenendflächen, die aber auch etwas abgeschliffen sind. Turmalin, Epidot, Staurolith, Andalusit und Disthen kommen ebenfalls in untergeordneter Menge vor. Die schwarzen Schwermineralien finden sich nicht in allen Schichten in gleicher Anzahl, sie sind besonders vorherrschend in den dunkler gefärbten Zonen, so hauptsächlich Af, wogegen sie in anderen Schichten, wie Ae, mehr zurücktreten. Der Sand hat sich also im allgemeinen nach dem spezifischen Gewicht abgelagert, was nur bei langsamem Absatz im Wasser in dieser Weise möglich ist. Die relativ große Menge schwarzer Schwerteile läßt die Vermutung aufkommen, daß hier, wie bei Grabenstetten, vulkanisches Material beigemischt sein könnte. Das nächste Tuffvorkommen liegt in einer Entfernung von 1 km an der Holzelfinger Steige. Nun findet man aber auf den Äckern um das Jochimer Häule viele rotgebrannte W.-J.-Stücke, auch macht sich eben in der Sandgrube im Anstehenden, das eigentlich nur aus größeren und kleineren Blöcken von zuckerkörnigem Epsilonkalk oder Dolomit besteht, eine beträchtliche Diskordanz geltend; es wäre daher wohl nicht ausgeschlossen, daß in allernächster Nähe ein kleines Tuffvorkommen begraben sein könnte; die Sandgrube wäre dann ein ursprünglicher kleiner Maarsee, in dem die Sande zum Absatz gelangten. Für derartige Ablagerung spricht auch der Umstand, daß die Sande nach unten zu immer toniger werden, ja die untersten Schichten ähneln schon ganz den feuerfesten Tonen von Ochsenberg und Oggenhausen, sowie den Braunkohlentonen von Ludwigstal bei Tuttlingen; es wäre deshalb auch das Vorkommen von Pflanzenresten in Form von Braunkohlen in einiger Tiefe wohl denkbar.

Die gleichen Sande, jedoch ohne die vielen schwarzen Schwermineralien, zeigen sich wieder auf der Halbinsel von St. Johann in größerer Menge, und zwar teils in Spalten eingelagert, wie am Grünen Felsen, an der Eninger Steige und bei St. Johann, teils allenthalben

in dem bohnerzführenden Lehm dieses Plateaus zerstreut. In allen Diluviallehmen — untersucht wurde ein solcher nordwestlich von Bleichstetten, beim Fohlenhof und vom Längental — findet man Spuren dieser Sande. Zirka 500 m nördlich vom Grünen Felsen lag in einer von Westen nach Osten streichenden Spalte in W. J.  $\epsilon$  ockergelber Sand; die Grube ist schon seit längerer Zeit vollständig ausgebeutet, es fand sich jedoch eine Probe hiervon in den Sammlungen des Instituts, außerdem konnte derselbe auch aus dem lehmigen Gehängeschutt durch Ausschlämmen erhalten werden. Überhaupt erwies sich die Gegend um den Grünen Felsen als sehr sandreich. Gleich unten an diesem Felsen ist das Gestein teilweise mit einem harten braunen Überzug, aus Quarzsand und Bohnerzlehm mit calcitischem Bindemittel bestehend, versehen. Zuweilen ist der Sand durch Eisenoxydhydrat zu ziemlich hartem Eisensandstein verbacken; dergleichen Stücke findet man auch bei St. Johann. Der Sand gleicht in bezug auf Korngröße und mineralogische Zusammensetzung vollkommen dem von Holzelfingen, nur daß hier keine Beimengungen von vulkanischem Material zu konstatieren sind. Eine ähnliche sandige Spaltausfüllung liegt in einem alten Steinbruch an der Straße Eningen—St. Johann, da, wo dieselbe den Wald erreicht; hier ist allerdings schon eine größere Vermischung mit Bohnerzlehm eingetreten.

An der Eninger Steige, besonders am obersten Teil, sind verschiedene Felsklüfte aufgeschlossen mit diesem gelben Quarzsand, der jedoch mehr oder weniger mit Bohnerz und Lehm vermischt ist. In der Verwerfungsspalte, die am Renkenberg durchgeht, findet man dieselben Sande wieder, hier aber mit eckigen W. J.  $\delta$ - und  $\epsilon$ -Stücken, sowie einzelnen Bohnerzkörnern durch kalkig-lehmiges Bindemittel zu einem sehr festen Gestein verbacken. Manchmal trifft man innerhalb dieses Gemenges auf Hohlräume, die von Calcit ausgekleidet sind; auch hat sich hier eine kleine Höhle mit Tropfsteinabsätzen gebildet. Durch Auflösen dieses Gesteins in verdünnter Salzsäure und Schlämmen des Rückstandes wurde wieder der feine Quarzsand erhalten, der dieselben Schwermineralien führte, wie die Sande der Hochfläche. Bei der zweiten Verwerfung weiter unten (auf der Karte die mittlere) ist derselbe Sand mit Lehm und mergeligen Schichten in eine kesselförmige Vertiefung des W. J.  $\gamma$  eingelagert. Interessant sind die Verhältnisse in dem großen Steinbruch in W. J.  $\beta$ , etwas unterhalb des Hänner-Steigfelsens. In einer kesselförmigen Einsenkung in die Betaschichten liegen wirr durcheinander-

gepackte große runde W. J.-Schollen, teilweise mit dunklem Manganüberzug, dazwischen liegt schwarzes Bohnerz mit Sand und sandigem Lehm wechsellagernd. Abb. 9 zeigt ein Detail hiervon. Man findet mehrmals übereinander die Anordnung:

Feiner graubrauner Lehm nach unten sandiger.

Sand mit feinem schwarzen Bohnerz.

Bohnerz zum Teil schwarz mit vereinzelt Kieseln.

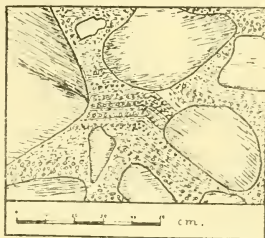


Abb. 9. Detail der Bohnerz- und Sandablagerung an der Eninger Steige.

Das Bohnerz besteht aus einzelnen stecknadelkopf- bis erbsengroßen Körnern, die durch einen dicken Manganüberzug schwarz gefärbt sind und manchmal in durch und durch schwarze Braunsteinkugeln mit konzentrisch-schaliger Struktur übergehen. Eine Analyse ergab:

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	25,50%	$\text{H}_3\text{PO}_4$ . . . . .	1,09%
$\text{MnO}_2$ . . . . .	16,28	$\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	14,86
$\text{MnO}$ . . . . .	4,61	Sandiger Rückstand .	32,77

Es muß also hier eine Zufuhr von manganhaltigen Lösungen stattgefunden haben. Unter dem sandigen Bohnerz kommen noch viele magnetische Bestandteile und Stücke von Roteisenstein vor. Der beigemengte Sand ist ziemlich magnetitreich, zeigt aber sonst die gleichen Bestandteile, wie die Sande der Hochfläche. Auch hier sind alle Sandkörner stark abgerollt. In einem kleinen Loch, das in einem ca. 10 m tieferen Niveau desselben Steinbruches liegt, und wohl die Apophyse einer schon durch den Steinbruchbetrieb abgetragenen Spalte darstellt, findet man dieselben Verhältnisse; nur ist das Bohnerz hier etwas gröber und weniger manganhaltig.

### 3. Die Sande der Münsinger Gegend.

Bei dem Bahnbau Münsingen—Schelklingen wurden 1899 in dem zweiten Einschnitt bei Münsingen mehrere Spalten in geschichtetem W. J.  $\zeta$  angeschnitten, welche ziemlich groben Quarzsand, der mit Bohnerz und Lehm wechsellagert, enthalten. Die größeren Spalten sind zwar jetzt durch Schutzmauern verdeckt, so daß ich nur noch in einer kleineren Spalte abseits die ursprüngliche Lagerung ersehen konnte. Folgendes Profil konnte aufgenommen werden:

- 2—3 m anstehender Zetakalk mit Kalksinterüberzug.  
 20 cm graubrauner Lehm, nach unten sandiger.  
 10—15 „ loser, lehmiger Sand.  
 3 „ harte Sandsteinschicht aus ziemlich grobem, lehmigem Quarzsand, der durch calcitisches Bindemittel verbacken ist, bestehend.  
 50 „ Lehm, Sand und Bohnerz in Schichten von 3—10 cm wechsel-lagernd.

Zetakalk mit Tropfsteinabsätzen.

Also auch hier Einspülung durch Wasser und Trennung nach dem spezifischen Gewicht. Der Quarzsand ist seinem äußeren Aussehen nach ziemlich verschieden von dem bisher genannten Vorkommen. Vor allem fallen die viel gröberen Körner auf, die jedoch nur selten den Durchmesser von 2 mm überschreiten. Die durchschnittliche Korngröße ist ungefähr 0,8 bis 1,5 mm. Hauptsächlich nach oben, wo der Sand in Lehm übergeht, findet man viele ausgewitterte W. J.-Petrefakten beigemengt, die alle ziemlich stark angegriffen und abgerollt sind. Auch stark abgeschliffenes Bohnerz fehlt nicht und zwar in Körnern von 0,5 bis 4 mm Durchmesser; es macht stellenweise ca.  $\frac{1}{10}$  des Sandes aus. Der Quarzsand selbst setzt sich zusammen aus weißen, milchig-trüben, gelblich und rötlich gefärbten und zum Teil glashellen, immer aber kugelförmig abgeschliffenen Quarzkörnern. Durch Auszug mit den Magneten ergab sich eine ziemlich beträchtliche Menge von Magnetit in oktaedrischen Körnern. Die Trennung nach dem spezifischen Gewicht lieferte die Schwermineralien, die auch in den übrigen Sanden vorkommen, wie Spinell, Rutil, Zirkon, Turmalin, Epidot, Disthen, Staurolith und Andalusit. Auffallend ist nur die relativ große Menge schwarzer Schwerteile, deren Herkunft aber in den darüberliegenden Lehmen zu suchen ist. Diese enthalten nämlich neben sehr viel Magnetit und schwarzen Spinellen auch einige helle Granaten, sowie einzelne grünliche Tonpartikelchen, sind also wenigstens zum größten Teil vulkanischen Ursprungs. Lehm, Bohnerz und Sand sind also hier streng gesondert zu halten; während der Lehm aus autochthon gebildetem Verwitterungsprodukt teils jurassischen, teils basaltischen Materials besteht, ist der Sand allochthon zugeführt.

In dem großen Steinbruch in W. J.  $\epsilon$ -Marmor beim Kalkwerk Münsingen, 1 km nördlich Auingen, treten wieder ähnliche Sande auf, diesmal jedoch frei von Bohnerz und Lehm. Man findet sie teils lose, teils zu hartem, grauem, gelblichweißem Quarzsandstein verbacken in Klüften und Löchern des Marmorfelsens. Der lose Sand ist weiß oder gelblich gefärbt und durchschnittlich etwas feinkörniger

als der beim Bahneinschnitt, unterscheidet sich aber seiner mineralogischen Zusammensetzung nach in keiner Weise von obigen Sanden. In einer senkrecht niedersetzenden schmalen Spalte ist derselbe Sand, jedoch ziemlich feinkörnig, zu einem harten Sandstein verbacken; konform der Anlagerung des Materials durch kalkhaltiges Wasser zeigt sich eine Art Schichtung, die schräg nach abwärts verläuft. Zuweilen schließt der Sandstein größere, runde Brocken von sehr feinem gelbbraunen Ton ein, die während der Einspülung des Sandes unter diesen gerieten und mit ihm zugedeckt wurden. Auf der einen Seite geht der Sandstein in losen weißen Sand, der anderen in gelbbraunen Ton über. Der Dünnschliff dieses Sandsteins zeigt, wie die einzelnen runden Quarzkörner durch körnigen Kalkspat verkittet sind. Löst man diesen Sandstein in verdünnter Salzsäure und trennt nach dem spezifischen Gewicht, so ergeben sich die gleichen Schwerminerale wie in den Sanden.

In demselben Steinbruch zeigen sich noch verschiedene andere Füllmassen von Spalten und Höhlungen, so feiner braungrüner Ton, zusammengesetzter Spaltenlehm, Dolomitsand und weiße mit W. J.-Geröll gespickte Mergel; auch Spuren von rotem und gelbem Bolus kommen vor.

Geht man weiter nördlich, so findet man Spuren dieser Sande wieder in einem Spaltenlehm in W. J.  $\frac{2}{3}$  zwischen Hengen und Böhlingen, hauptsächlich aber zeigen sich dieselben wieder in dem schon oben (S. 230 ff.) besprochenen Steinbruch nördlich Grabenstetten. Dieser Sand mit einer Korngröße unter 0,8 mm zeigt ebenso stark gerundete Körner und die gleichen Schwerminerale, wie die Münsinger Sande.

Auf der Erkenbrechtsweiler Halbinsel begegnet man ihnen wieder in dem Diluviallehm beim Burrenhof und nordwestlich Grabenstetten, ferner in den Lehmen der Bambergöhle und des Kesselfinkenlochs.

#### 4. Sandvorkommen auf dem Randecker Plateau.

DEFFNER<sup>1</sup> und E. FRAAS<sup>2</sup> erwähnen Sande in den weiten Klüften des Breitensteins, sowie bei der Torfgrube und  $\triangle$  801,1 bei Randeck.

ENDRISS<sup>3</sup> erwähnt quarzsandführende Letten von der Ziegelhütte und der Torfgrube.

<sup>1</sup> Begleitworte zu Blatt Kirchheim. 1872. S. 42.

<sup>2</sup> Neubearbeitung der Begleitworte zu Blatt Kirchheim. 1898. S. 33.

<sup>3</sup> Geologie des Randecker Maars und des Schopflocher Rieds. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. 41. 1898. S. 113.

ENGEL<sup>1</sup> betrachtet die Sande vom Breitenstein als marine Bildung.

BRÄUHÄUSER<sup>2</sup> untersuchte diese sandführenden Lehme genauer und fand in dem Kiesbruch zwischen Randecker Maar und Torfgrube zuunterst gelbbraunen sandigen Lehm mit runden Quarzkörnern und relativ viel Schwermineralien, darunter besonders viel Rutile, sowie Disthen und Andalusit, welche letztere er als fremdartiges Material betrachtet.

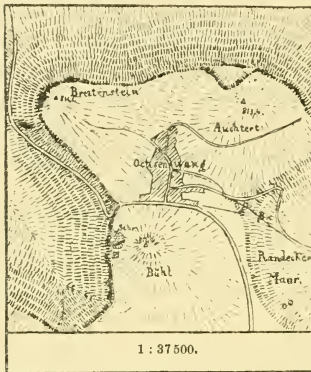


Abb. 10. Karte der Umgebung von Ochsenwang.

Die ganze Randecker Halbinsel erweist sich also als ziemlich sandreich. In dem Steinbruch am Westabhange des Bühl bei Ochsenwang (s. Abb. 10) wurde eine Spalte mit Quarzsand, der durch Lehm zu ziemlich harten Brocken verbunden ist, aufgeschlossen. Hier hat man wieder die tadellos gerundeten, zum Teil glasglänzenden Quarzkörner, immer unter 0,8 mm Durchmesser. Die petrographische Untersuchung zeigte, daß viel Magnetit und schwarze Spinelle, sowie grüne Tonteilchen, also vulkanisches Material beigemischt ist.

Im übrigen sind die Schwermineralien dieselben, wie bei den oben genannten Sanden. Die Spalte ist nach oben von dunkelbraunem, humosem, bohnerzführendem Lehm überdeckt, der auch noch Spuren vulkanischen Materials aufweist.

Am Breitenstein kommen wieder dieselben Sande vor, diesmal aber in Form von Sandsteinen, wie bei Münsingen. In dem Schutt einer breiten, von Westen nach Osten streichenden Spalte, deren Kalkwände mit Eisenoxydhydrat inkrustiert und zum Teil infiltriert sind, findet man lose Stücke dieses ziemlich harten Gesteins, bestehend aus Quarzsand, der durch calcitisches Zwischenmaterial verkittet ist. Im Dünnschliff sind dieselben dem Sandstein von Münsingen vollkommen ähnlich. In einzelnen Stücken zeigt sich eine schlierenartige oder kugelig-zonare Anreicherung von nachträglich zu-

<sup>1</sup> Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. 1883. S. 245.

<sup>2</sup> Diluvialbildungen der Kirchheimer Gegend. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XIX. 1904. S. 139.



geführten Eisenoxydhydrat, ähnlich wie in dem Spaltenlehm Abb. 1. Taf. 1. Andere Brocken enthalten wiederum einige kleine Bohnerzkörner, oder eckige W. J.-Splitter eingeschlossen. Zuweilen macht sich auch eine lagenweise Anordnung dunklerer Bestandteile bemerkbar. Zum Teil ist das calcitische Bindemittel wieder ausgelaugt worden und es entstanden so lose, leicht zerreibliche, sandige Stücke. Wo dieser Sandstein am Anstehenden getroffen wird, zeigt er sich nicht als eigentliche Spaltausfüllung, sondern bloß als Überzug mit wulstiger Oberfläche, wie wenn eine zähe teigartige Masse langsam heruntergeflossen und dann erstarrt wäre.

Die Untersuchung der Schwerteile lieferte denselben Mineralienbestand, wie bei sämtlichen bisher angeführten Sanden.

Die Analyse dieser Sandsteine ergab:

Unlösl. sand. Rückstand	48,62 %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,36 %
CaO . . . . .	27,43	MgO . . . . .	0,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,18	CO <sub>2</sub> . . . . .	21,24

Dieselben Sande wie in der Spalte am Bühl kommen auch auf  $\Delta$  801,1 östlich vom Randecker Maar, sowie sonst noch in sämtlichen Lehmen des Plateaus vor und zwar meist in den unteren Lagen. So erklären sich auch die quarzsandführenden Höhenlehme in den Gutenberger Höhlen als Einschwemmung von oben.

### Herkunft und Alter der Sande.

Daß die Sande etwas dem Albgestein völlig Fremdartiges vorstellen, wurde schon mehrfach oben erwähnt. Es fragt sich nur, ob man es mit den Resten einer früheren Albüberdeckung, die nach dem Zurückweichen des Jurameeres blieben, zu tun hat, oder ob das Material erst später auf die Hochfläche der Alb gebracht wurde. In ersterem Falle müßten diese Sande überall auf W. J. sich finden, nun kommen aber dieselben in den eocänen und oligocänen Ablagerungen von Frohnstetten und Vöhringenstadt nicht vor, wenigstens ist mir kein Bericht hierüber bekannt, auch konnte ich selbst in den Bohnerzlehmen keine nennenswerte Sandmenge feststellen. Die Sande wären also jünger-als oligocän; dies würde dann auf die miocäne Meeressmolasse hinweisen. Eine Untersuchung derartiger Sande von Lauterach und Grimmelfingen ergab im Mineralienbestand eine außerordentliche Ähnlichkeit; hier finden sich auch die fremdartigen Andalusite und Disthene, sowie die von Rutilnadeln durchzogenen Quarze. Die Sande der Alb könnten also wohl von hier

stammen. Daß nun das Molassemeer einmal, wenn auch nur ganz kurze Zeit, bis zum Breitenstein reichte, ist nicht wohl denkbar, sonst müßten bedeutendere Spuren und auch Reste von Meerestieren sich noch vorfinden; vielmehr ist anzunehmen, daß der Sand durch irgend ein anderes Transportmittel auf die Hochfläche der Alb geschafft wurde. Vermöge der Abdachung der Alb nach Süden kommt ein Fluß nicht wohl in Betracht; wenn eine große Sturzwelle, vom Miocänmeer ausgehend, die ganze Alb überflutet hätte, so wären auch mit den Sanden marine Fossilien mitgerissen und später in die Spalten eingeschwemmt worden. Bis jetzt aber wurde von Lebewesen der marinen Molasse in den Spalten meines Arbeitsgebietes nichts entdeckt. Sehr wohl denkbar ist dagegen der Transport durch den Wind. Hierfür spricht außerdem:

1. Die starke, auch die kleinsten und härtesten Mineralien betreffende Abrundung der Sandkörner, die bei Wassertransport nicht so weit geht. Es kommen zwar vielfach auch ganz scharfkantige oktaedrische Magnetite und Spinelle vor, diese sind jedoch als Mineralneubildungen zu betrachten und wohl meist vulkanischen Ursprungs.

2. Die durchschnittliche Korngröße nimmt im allgemeinen von Süden nach Norden zu ab, da die größeren Sandkörner nicht so weit transportiert werden konnten, wie die feineren Bestandteile.

3. Die Entfernung in der Luftlinie zwischen den Spaltensanden und der nächsten marinen Sandablagerung ist nicht zu groß. sie beträgt:

	Entfernung	Korngröße
Bitz—Harthausen . . . . .	8—9 km	bis zu 3 mm
Ringingen—Harthausen . . . . .	15 "	1,5 "
Genkingen—Upflamör . . . . .	27 "	unter 0,5 "
Holzefingen—Teutschbuch . . . . .	28 "	" 0,5 "
St. Johann—Teutschbuch . . . . .	32 "	" 0,5 "
Münsingen—Landgericht . . . . .	13—14 "	bis zu 2 "
Grabenstetten—Landgericht . . . . .	25 "	unter 0,8 "
Breitenstein—Weilersteußlingen . . . . .	30 "	" 0,5 "

4. Die Sande zeigen an jeder Lokalität eine ganz gleichmäßige Korngröße. Bei Wassertransport würde eine Mischung von grobem und feinem Sand, sowie eine Vermengung mit Kies und Geröll eintreten, wogegen bei äolischer Ablagerung der Sand ganz gleichmäßige Körnung besitzt.

Demnach würde sich folgendes Resultat ergeben: Die in den Spalten auf der Hochfläche der Alb vorkommenden Quarzsande sind

durch Wind aus den Sanden der miocänen Meeresmolasse, sei es nun vom Alter der Ermingen Turritellenplatte oder dem der Grimmelfinger Sande, ausgeblasen. Ihr Vorkommen ist bloß scheinbar sporadisch. in Wirklichkeit trifft man überall in Bohnerzletten und Diluviallehm Spuren hiervon, außerdem fehlt es an einer genügenden Anzahl von Aufschlüssen. Die Menge des hergewehten Sandes war nicht besonders groß, man darf hier also nicht an eine Art Dünenbildung denken, vielmehr wurde der gröbere Sand nur am Boden fortgetrieben, der feinere Sand erhob sich höher und konnte so auch weiter transportiert werden. Größere Anhäufungen von Sand bildeten sich, wenn die Flugsande in ein schon vorhandenes Wasserbecken fielen, oder durch fließendes Wasser zusammengetragen und in Spalten verschwemmt wurden, daher sind dieselben auch meist mit Verwitterungslehm und Bohnerz vermengt. Wurde der Sand direkt in Spalten eingeweht, so blieb er lehmfrei und wurde höchstens noch durch nachträgliche Durchtränkung mit eisenhaltigen Lösungen oberflächlich gelb gefärbt.

Für das Alter dieser Ablagerungen wäre folgendes festzustellen: Da die Sande aus mittelmiocänem Material bestehen, dürfte die Zeit ihres Transports in die letzten Perioden des Mittelmiocäns und ins untere Obermiocän fallen. Ihre definitive Einlagerung kann zum Teil schon zur Zeit des Transports, teils erst im Obermiocän und Pliocän erfolgt sein. Da die embryonale Vulkantätigkeit auf der Alb auch ins Mittelmiocän<sup>1</sup> fällt, so war die gleichzeitige Einlagerung von vulkanischem Material und Sand wohl möglich. Die Sande wurden über die ganze Albfläche zerstreut und sollten daher eigentlich in sämtlichen Spaltausfüllungen, die jünger als mittelmiocän sind, auftreten. Es wäre jedoch meiner Ansicht nach etwas zu weit gegangen, wollte man jetzt alle Spaltenfüllmassen, die sandfrei sind, wie die einfachen Spaltenlehme und Bolusarten, für älter als mittelmiocän betrachten; es ist ja immerhin auch ein unterirdischer Absatz der feinen Lösungsrückstände möglich, der von den oberflächlich liegenden Sanden nicht berührt wurde; außerdem dürfte auf den flachen Höhenrücken der Albhochfläche der Sand nur kurze Zeit gelegen haben, so daß hier sandfreier Verwitterungslehm sich bilden konnte.

## VII. Braunkohlen.

Ganz auffallend ist das so seltene Vorkommen von Pflanzenresten, wo doch gerade zur Tertiärzeit das Pflanzenleben zur vollen

<sup>1</sup> Branco, Vulkanembryonen. S. 681.

Entwicklung und Ausbildung gelangte. Allerdings ist auch das Fehlen von geeigneten Aufschlüssen daran schuld, und es mögen wohl noch mehrere Spuren einer tertiären Pflanzenvegetation in Kesseln und Trichtern des oberen W. J. begraben liegen, bis sie einmal durch Zufall aufgedeckt werden. Wie MANDELSLOH<sup>1</sup> berichtet, wurden in der Gegend von Strohweiler, Würtingen, Kohlstetten und Hülben einzelne Spuren und größere Stücke von Braunkohlen gefunden, die von feinem grauem und braunem Ton eingeschlossen waren. „In Strohweiler sind die größeren Stücke im Querbruch scharfkantig und mit Ton ausgefüllt.“ Einen Zahn von *Palacotherium isolanum* CUV. fand MANDELSLOH in dem gelben Ton von Würtingen 12 Fuß tief. Derselbe ließ bei Strohweiler zwei Schächte je 60 Fuß tief abteufen, der eine enthielt einen gelben Ton ohne Beimengungen von Braunkohle, der zweite „war in grauem Ton abgeteuft, worin Braunkohlenstücke von Scheitgröße unregelmäßig nebeneinander lagen. Diese Kohle gehört sämtlich zum bituminösen Holze; sie enthielt an vielen Stellen noch die Rinde und scheint einem der Esche und dem Ahorn ähnlichen Laubholze angehört zu haben.“ Ich konnte an den genannten Stellen nichts mehr auffinden. Allem Anschein nach handelt es sich hier um kleine tertiäre Süßwasserbecken, in denen sich der feine Tonschlamm mit einzelnen Holzresten absetzte; auffallend ist nur, daß auch hier wieder keine Tierreste gefunden wurden. MANDELSLOH gibt noch ein genaues Profil von der Füllmasse einer kesselförmigen Spalte im obersten W. J. bei Ludwigstal (bei Tuttlingen), das hier zum Vergleich angeführt sei. 1833 wurden daselbst durch einen 104 Fuß tiefen Schacht folgende Schichten durchsunken<sup>2</sup>:

- a) „Unter einer 5 Fuß starken Decke von Juratrümmern, die im roten Tone liegen, folgte ein
- b) 12—14 Fuß mächtiges Tonlager von bläulichweißer, grauer, brauner und endlich bei Annäherung an das Kohlenlager von schwarzer Farbe.
- c) 30 Fuß Braunkohlen, bestehend ungefähr zur Hälfte aus bituminösem Holze, das sich stets mehr oder weniger der Pechkohle näherte, und zur Hälfte aus erdiger Braunkohle, die jedoch so unrein war, daß sie beim Verbrennen 40—50 % weißen Ton zurückließ.
- d) Brauner Ton, der viele verkohlte Pflanzen, teils in Rußkohle verwandelt, einschließt und sich im Liegenden wiederholt. In demselben liegen bei

<sup>1</sup> Graf Friedrich v. Mandelsloh, Geognostische Profile der Schwäb. Alp. 1834. S. 9.

<sup>2</sup> Mandelsloh, l. c. S. 8 und Tab. II.

- e) Bruchstücke eines weißen Kalks, der der weichen Kreide sehr ähnlich ist.
- f) Gelber Ton, der das Braunkohlenlager einschließt und mit den Schichten im Liegenden einigemal wechselt.
- g) Von erdiger Braunkohle durchdrungener Ton.
- h) Bohnerze, die auf dem Wechsel des braunen und gelben Tons am dichtesten abgelagert sind und sich in dem gelben wie in dem braunen Ton gleichartig verlieren.
- i) Sandstein von geringem Zusammenhange, von grünlicher und grauer Farbe. Nach dem äußeren Ansehen stimmt derselbe sehr mit der Molasse überein, hat aber einen etwas geringeren Kalkgehalt als diese.
- k) Konglomerat, in welchem ein sandiges Bindemittel Gerölle von Quarz und älteren Kalksteinen einschließt.
- l) Konglomerat von abgerundeten und zum Teil von scharfkantigen Bruchstücken von Jurakalk mit dolomitischen Bindungsmitteln.<sup>4</sup>

An Ort und Stelle selbst ist heute nichts mehr zu finden, der Platz ist als „Kesselgrube“ auf der Karte eingetragen, wohl weil dort an Stelle des Schachtes jetzt eine kesselförmige Vertiefung liegt. Doch befanden sich in den Sammlungen des Instituts einige Proben dieser Schichten. Der Ton über dem Braunkohlenlager ist äußerst fein, fühlt sich fettig an und liefert nur wenige staubförmige Schwermineralien, unter denen sich Zirkon, Rutil, Spinell und Turmalin bestimmen ließ; außerdem enthält derselbe bis zu 15% kohlige Bestandteile. Der Ton d ist ebenso fein und unterscheidet sich von dem oberen Lager nur durch seine gelbbraune Farbe. Der kreideartige Kalk, Schicht e, ist sehr weich und dürfte wohl Süßwasserbildung sein. Das Bohnerz, Schicht h, endlich stellt ein fest verbackenes Konglomerat mit tonigem Bindemittel dar. Eine Beimengung von Quarzsand konnte ich nicht feststellen, doch scheint auch hier eine Art Molassesand vorgekommen zu sein, wie man aus der Beschreibung der Schichten i und k entnehmen kann.

Ein ähnliches Vorkommen ist von Wemding im Ries bekannt<sup>1</sup>. Auf der Höhe östlich Wemding an der Straße nach Monheim dehnt sich mit Unterbrechungen ein bis zu 4,9 m mächtiges Braunkohlenlager aus. Die Kohle wird von einem plastischen grauen Ton begleitet, der seinem äußeren Aussehen nach ganz dem von Tuttlingen ähnlich sieht und zum Teil als Hafnererde benützt wird.

In den Tongruben bei Ochsenberg, Rothensohl und Oggenhausen kommen auch hin und wieder Braunkohlenschmitzen vor, die aber nicht aus fester Braunkohle, sondern meist aus einem schwarzen Gemisch von loser Kohle und Ton bestehen.

<sup>1</sup> Gümbel, Begleitworte zu Blatt Nördlingen. 1889. S. 29.

Alle diese Vorkommen dürften wohl dem Absatz in Süßwasserseen ihre Entstehung verdanken. Nur durch die Einbettung in den feinen Ton war eine Erhaltung der Pflanzenreste möglich. Das vollständige Fehlen einer Süßwasserfauna verhindert natürlich eine genaue Altersbestimmung. Nur bei Oggenhausen wurden in den feuerfesten Tonen Reste von *Dinotherium* und *Mastodon* gefunden, diese Ablagerungen sind also pliocän. Ähnliches Alter dürfte auch den übrigen Braunkohlenablagerungen zukommen.

### Schluß.

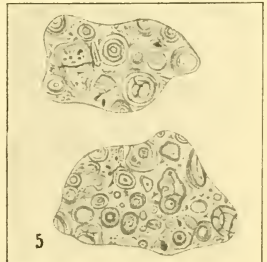
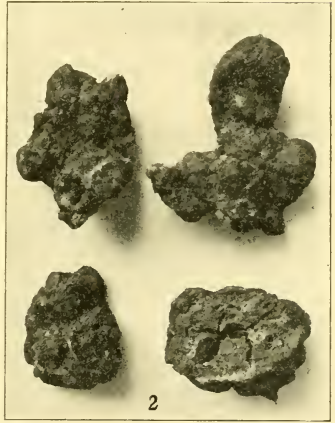
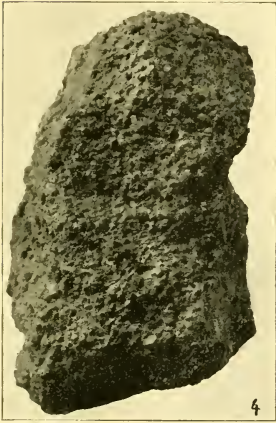
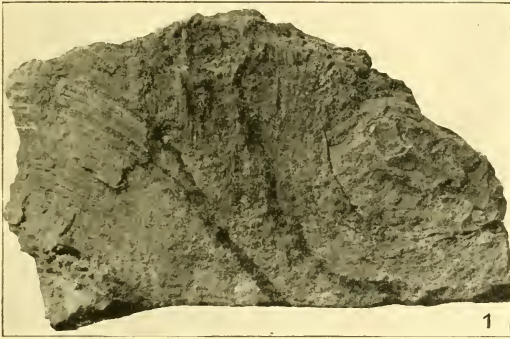
So sind also von den Vorgängen auf der Alb in der langen Festlandperiode während Kreide- und Tertiärzeit nur dürftige Andeutungen vorhanden. Spuren von marinen Ablagerungen wurden bis jetzt nicht gefunden und scheinen überhaupt nicht auf der Albhochfläche vertreten zu sein; sondern man stößt überall nur auf die Spuren der denudierenden Agentien, die während jener Zeit auf das Albgestein eingewirkt haben. Auch fand kein, wenn auch nur kurzer, Übergriff des Tertiärmeeres statt, sondern reiches Tier- und Pflanzenleben konnte sich ungehindert entfalten. Eine vorherrschend südliche Luftströmung brachte von den Küsten des Molassemeeres feinen Sand mit auf die Albhochfläche, der dann unter die den Boden überdeckenden lehmigen Schichten gemengt und mit diesen in Spalten und Höhlen verschwemmt wurde. Unterdessen machte die Abtragung der Alb immer weitere Fortschritte, der Nordrand der Alb wich mehr und mehr nach Süden zurück, auf der Hochfläche fiel Schicht um Schicht der auflösenden Kraft des Wassers zum Opfer. So bildete sich zu Ende der Tertiärzeit die ungefähre Gestalt des Albgebirges, die dann während der Diluvialperiode zu ihren heutigen Formen ausgebildet wurde.

Wir haben also hier nicht, wie so häufig im Frankenjura<sup>1</sup>, die Reste einer früheren, aus fremdem Material bestehenden Albüberdeckung, sondern lediglich aufbereiteten W. J. selbst, mit geringen Beimengungen tertiären Sandes.

<sup>1</sup> W. Köhne, Vorstudien zu einer neueren Untersuchung der Albüberdeckung im Frankenjura. Sitzungsber. d. phys. med. Soc. Erlangen, Bd. 37. 1905. S. 321 ff.

### Erklärung der Abbildungen auf Taf. I.

- Abb. 1. Verhärteter Spaltenlehm mit streifigen Ausscheidungen von Brauneisenstein. In einer Spalte des W. J.  $\delta$  am Katzenfels bei Egesheim. (etwa  $\frac{1}{5}$  nat. Größe).
2. Lößkindl aus einer Spalte an der Sahnendinger Steige (etwa  $\frac{4}{5}$  nat. Größe).
3. Bildung kugeliger Konkretionen innerhalb eines Spaltenlehms am Bühl bei Ochsenwang (etwa  $\frac{3}{5}$  nat. Größe).
4. Primäres Bohnerz (etwa  $\frac{3}{5}$  nat. Größe). Spalte zwischen W. J.  $\epsilon$  und  $\zeta$  bei Rechtenstein.
5. Sekundäres Bohnerzgeröll von Willmandingen, angeschliffen (etwa  $\frac{4}{5}$  nat. Größe).





# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [64](#)

Autor(en)/Author(s): Weiger Karl

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis der Spaltenausfüllungen im weissen Jura auf der Tübinger, Uracher und Kirchheimer Alb. 187-248](#)

