

<b>Zeitschrift:</b>	Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland
<b>Herausgeber:</b>	Naturforschende Gesellschaft Baselland
<b>Band:</b>	12 (1939-1941)
<b>Artikel:</b>	Diluviale Manganerze im Rheintal bei Muttenz (Basel-Landschaft) : ein Beitrag zur Kenntnis terrestrischer Eisen-Mangan-Lagerstätten
<b>Autor:</b>	Schmassmann, Hansjörg / Bayramgil, Orhan
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-676460">https://doi.org/10.5169/seals-676460</a>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 14.12.2025

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

# Diluviale Manganerze im Rheintal bei Muttenz (Basel-Landschaft).

Ein Beitrag zur Kenntnis terrestrischer Eisen-Mangan-Lagerstätten.

Von **HANSJÖRG SCHMASSMANN** (Liestal) und  
**ORHAN BAYRAMGIL** (Istanbul, z. Zt. Basel)

## Inhalt.

Vorwort . . . . .	46
1. Geographische Lage des Fundortes . . . . .	47
2. Geologische Verhältnisse . . . . .	47
3. Die Lager in den durch Flusserosion entstandenen Hohlformen . . . . .	49
a) Lagerungsverhältnisse . . . . .	49
b) Chemische und mikroskopische Untersuchungen . . . . .	52
c) Entstehung der Lagerstätten . . . . .	54
d) Alter der Erzbildung . . . . .	60
4. Die Lager in den Schichtfugen und Klüften des Kalkes . . . . .	61
a) Lagerungsverhältnisse . . . . .	61
b) Chemische und mikroskopische Untersuchungen . . . . .	62
c) Entstehung der Lagerstätten . . . . .	62
d) Alter der Erzbildung . . . . .	64
Anhang: Rezente Manganausscheidungen in Kalkklüften . . . . .	64
5. Vergleich mit ähnlichen Lagerstätten des Auslandes . . . . .	65
6. Die bisher bekannten Manganvorkommen in der Nordschweiz und in den benachbarten Gebieten . . . . .	66
7. Zusammenfassung . . . . .	67
8. Literatur . . . . .	67

## Vorwort.

Am 19. Februar 1939 überbrachte Herr **KARL ITIN**, Bauunternehmer in Liestal, dem einen Autor (SCHMASSMANN) Proben einer schwarz gefärbten Substanz. Sie entstammten einem bei der Ausbeutung von Muschelkalkquadern, die für den Bau des basellandschaftlichen Rheinhafens in der Au Verwendung fanden, angeschnittenen Lager (Lager A).

SCHMASSMANN untersuchte die geologischen Verhältnisse dieses und eines später angeschnittenen Lagers (Lager B) in den Monaten Februar bis Mai 1939. Der Abbau durch die Firma **WALTER & SCHMID**, Allschwil, ermöglichte es, die 1939 begonnene Untersuchung des Lagers A im Januar 1942 fortzusetzen.

Stud. chem. JULES SCHMIDLIN (Basel) hatte 1939 die Freundlichkeit, eine qualitative chemische Analyse der Substanz vorzunehmen. Die Felduntersuchung der im Dezember 1941 von den beiden Autoren gefundenen Lager (in Schichtfugen und Klüften des Kalkes) wurde im Winter 1941/42 durchgeführt.

Die Bearbeitung des gesamten Materials erfolgte im Winter 1941/42 im Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Basel. BAYRAMGIL führte die quantitativen chemischen Analysen aus.

Herr Prof. Dr. MAX REINHARD und Herr Dr. O. GRÜTTER unterstützten uns namentlich bei der mikroskopischen Untersuchung des Materials. Herr P.-D. Dr. L. VONDERSCHMIDT gab uns Ratschläge bei der Altersbestimmung der Erzvorkommen. Bei der Lösung chemischer Fragen war uns Herr P.-D. Dr. P. BEARTH behilflich. Den genannten Herren danken wir bestens für ihre Bemühungen. Unser Dank gebührt auch Herrn S. WALTER, Bauunternehmer in Allschwil, für sein Entgegenkommen bei den Felduntersuchungen im Winter 1941/42.

Die Belegsammlung zur vorliegenden Arbeit wird im Kantonsmuseum Baselland in Liestal aufbewahrt.

## 1. Geographische Lage des Fundortes.

Der am linken Rheinufer unterhalb der Saline Schweizerhalle anstehende obere Muschelkalk wird seit vielen Jahrhunderten ausgebeutet. Die 4—5 km oberhalb von Basel gelegene Lokalität trägt den Flurnamen „Fuchslöcher“. Abszisse und Ordinate der unter Ziff. 3 beschriebenen Lagerstätten sind auf Blatt 8 (Muttenz) des Topographischen Atlases der Schweiz: 217/216. Die Entfernung der untersuchten Aufschlüsse dieser Lagerstätten vom linken Rheinufer beträgt ca. 200 m. Der anstehende Muschelkalk ist auf den Karten von GUTZWILLER-GREPPIN (1916) und HEUSSER (1926) angegeben.

## 2. Die geologischen Verhältnisse.

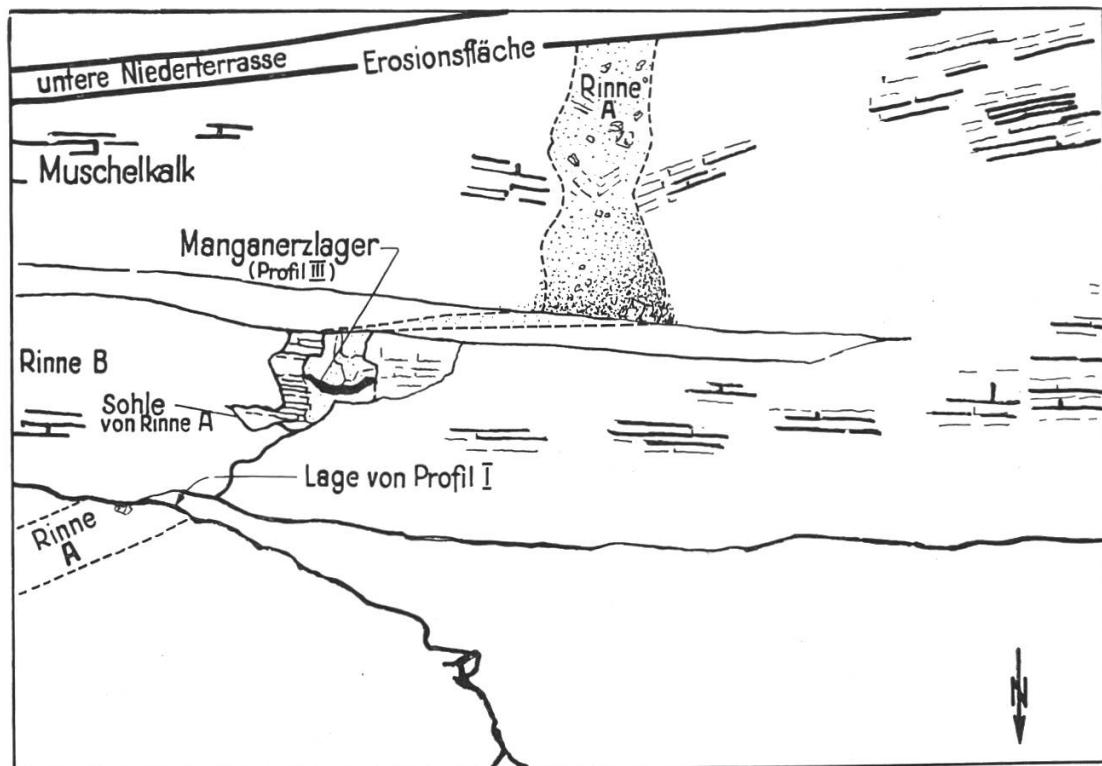
Durch den Steinbruchbetrieb ist der obere Muschelkalk in einem ungefähr NW-SE verlaufenden Profil auf ca. 200 m aufgeschlossen. Er zeigt in NW-Teil des Bruches drei senkrecht zum Profil verlaufende tektonische Störungen. Auf Abbildung 1 sind diese Knickungen und Bruchzonen zum Teil zu erkennen.

Nach oben wird der Muschelkalk von einer Erosionsfläche abgeschnitten. Auf dieser Sohle eines diluvialen Rheinbetts liegen die Schotter der Niederterrasse (VONDERSCHMIDT, Exkursion SGG 1941).



Photo Pol.-Kdo. Baselland, Erkennungsdienst.

**Abbildung 1.** Überblick über den tektonisch gestörten Teil des Steinbruches „Fuchslocher“ am 22. März 1939. Am oberen Rand des Bildes sieht man deutlich die Auflagerungsfläche der untern Niederterrasse auf dem Muschelkalk. Die von Muschelkalkblöcken ausgefüllte Rinne A kann man an der hintern Wand des Steinbruches erkennen. In der Grube (im Vordergrund) ist die Sohle der Rinne aufgeschlossen. Man bemerkt auf dem Bilde das rund 1 m über der Sohle liegende Manganerzlager als einen schwarzen Fleck. (Abbildung 3 zeigt diese Verhältnisse noch deutlicher.) An der dem Betrachter des Bildes abgewendeten Wand der Grube wurde Profil 1 aufgenommen. Am linken Bildrand ist die Lage von Rinne B.



Legendskizze zu Abbildung 1.

Im Frühjahr 1939 konnten in der durch die drei kleinen tektonischen Störungen gekennzeichneten Zone des Muschelkalkes zwei getrennte Manganlager festgestellt werden. Die Lager fanden sich in durch Flusserosionen entstandenen, tiefeingeschnittenen Hohlformen. Diese beiden Rinnen verlaufen in einem Abstand von 4 bis 5 m in nordost-südwestlicher Richtung.

Im tektonisch wenig gestörten Teil SE der genannten Lager fanden wir Ende 1941 Eisen- und Manganerze als Ausfüllung von Schichtfugen und Klüften.

### 3. Die Lager in den durch Flusserosion entstandenen Hohlformen.

#### a) Lagerungsverhältnisse

##### Lager A.

Von NE nach SW wurden folgende drei Profile des Lagers aufgenommen:

Profil I, aufgenommen am 22. 3. 1939, Abbildung 2. Das Profil wird im NW und SE durch anstehenden Muschelkalk begrenzt. Die südöstliche Muschelkalkwand ist auf Abbildung 2 nicht gut zu erkennen, da dieser Teil des Profils zur Zeit der Aufnahme durch künstliche Aufschüttungen verdeckt war. Die durch die beiden Muschelkalkwände begrenzte Hohlform ist von oben nach unten ausgefüllt von:

Schotter und Sande	
gelber Lehm	
violetter Lehm	0.04 m
grauer Lehm mit schmalem	
Eisenmulmbändchen	0.06 m
gelber Lehm	0.18 m
mulmiges Erz	0.17—0,20 m
gelber Lehm	Basis nicht aufgeschlossen

Bei einem Teil der Schotter und Sande handelt es sich um künstliche Aufschüttung. Die Aufschlussverhältnisse erlauben leider eine endgültige Entscheidung der Frage, ob es sich zum Teil um diluvial eingeschwemmtes Material handelt, nicht.

Die Rinne hat in der Höhe des Erzlagers eine Breite von ca. 1,3 m. Oben ist sie breiter.



Photo Pol.-Kdo. Baselland, Erkennungsdienst.

**Abbildung 2.** Aufschluss von Profil I, 22. März 1939. Das Manganlager ist als schwarzes Band zu erkennen.

Profil II, aufgenommen am 19. 2. 1939 an der Profil I gegenüberliegenden Wand des Steinbruches (vgl. Abbildung 1). Auch dieses Profil wird beidseitig durch anstehenden Muschelkalk begrenzt, der deutliche Spuren von Flusserosion zeigt. Die Erosionsformen besitzen grosse Ähnlichkeit mit denjenigen, die bei Niederwasser am Nodosuskalk im Rheinbett oberhalb Rheinfelden („im Gwild“) beobachtet werden können. Die Rinne ist oben von Muschelkalkblöcken ausgefüllt. Es scheint, dass hier die Rinne durch Einbruch und Zusammensturz zugeschüttet worden ist. In den Hohlräumen zwischen den einzelnen Blöcken ist gelber Lehm eingelagert. Einige Blöcke sind mit Wad und mulmigem Limonit überzogen. Unter diesem verstürzten Muschelkalkmaterial liegt von oben nach unten:

gelber Lehm	0.05—0.15 m
mulmiges Erz	maximal 0.25 m
gelber Lehm	0.55—0.60 m (Basis nicht aufgeschlossen)

Die Distanz zwischen den beiden Muschelkalkwänden beträgt etwa 2 m.

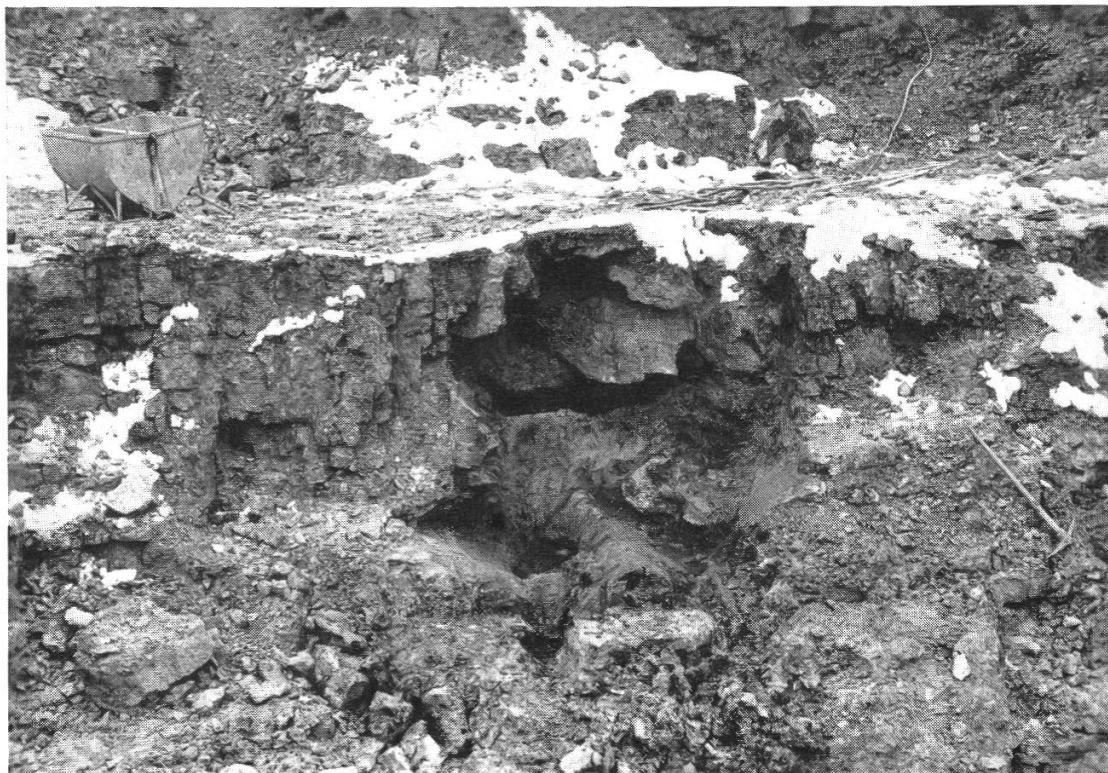
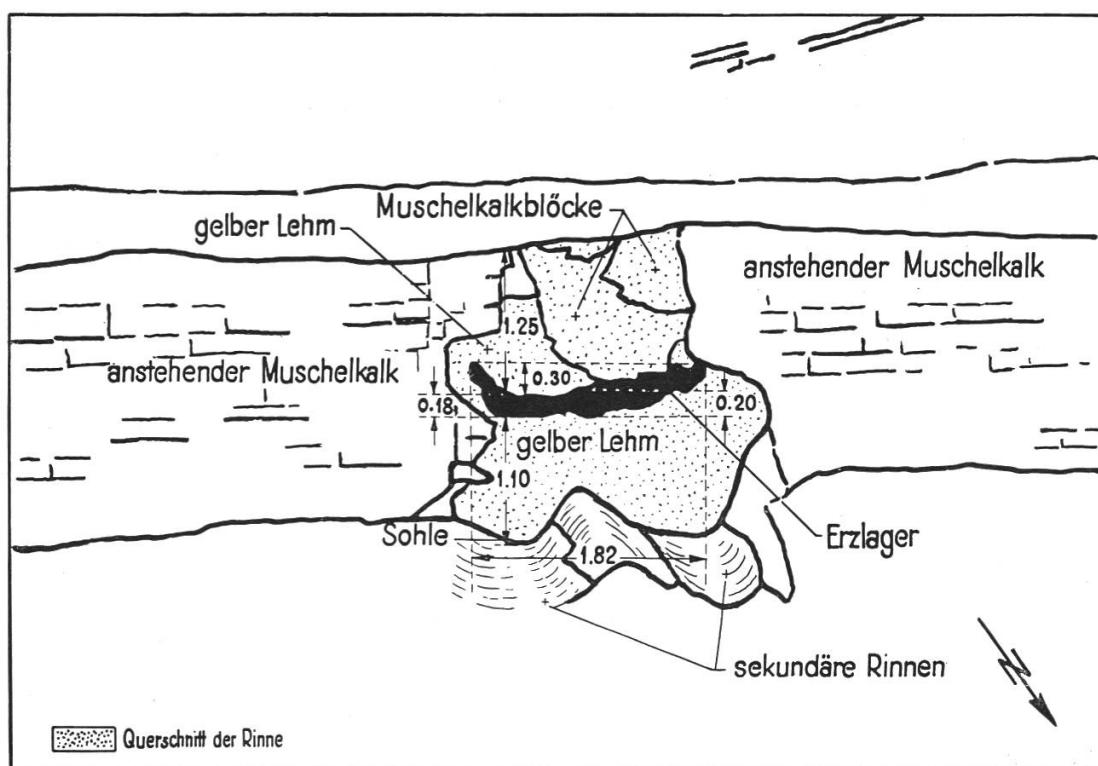


Photo Pol.-Kdo. Baselland, Erkennungsdienst.

**Abbildung 3.** Aufschluss von Profil III, 22. März 1939. Die Sohle der in der Mitte des Bildes angeschnittenen Rinne wird vom anstehenden Muschelkalk gebildet, in welchem die Wassererosion zwei sekundäre Rinnen geschaffen hat. Darüber folgen maximal 1.1 m gelbe Lehme. Das Erzlager ist hier ca. 20 cm mächtig. Im Hangenden des Erzes sieht man Muschelkalkblöcke mit gelbem Lehm.



Legendenskizze zu Abbildung 3.

Profil III, aufgenommen am 22. 3. 1939 (Abbildungen 1 und 3) zeigt einen Querschnitt durch das Lager nach weiter fortgeschrittenem Abbau des Muschelkalkes SW des Aufschlusses von Profil II. Im Liegenden der Muschelkalkblöcke mit gelbem Lehm befindet sich das 0.18 bis 0.20 m mächtige Erzlager. Der mittlere Teil des Lagers ist in allen Profilen tiefer als die seitlichen Partien. In Profil III beträgt die Eintiefung ca. 0.3 m. Unter dem Erz folgen maximal 1.1 m gelbe Lehme. Die Basis des Lehms wird von anstehendem Muschelkalk gebildet, in welchem die Wassererosion zwei sekundäre Rinnen geschaffen hat. Diese Verhältnisse sind in Abbildung 3 deutlich zu erkennen.

Die Distanz Profil I—Profil III beträgt ca. 10 m.

Innerhalb des mulmigen Erzes fanden sich vereinzelte härtere Partien.

Die weitere Verfolgung des Lagers im Januar 1942 zeigte eine Zunahme der Breite der Rinne und der Mächtigkeit des Erzes. Etwa 1 m SW von Profil III fanden wir bei einer Rinnenbreite von 2.5 m in der Mitte der Rinne eine Erzmächtigkeit von 0.35 m. Die Mächtigkeit des Erzlagers ist grossen Schwankungen unterworfen.

Das mulmige Erz ist deutlich geschichtet.

## Lager B.

Die 4—5 m SE Lager A gelegene Hohlform hat einen trogförmigen Querschnitt. Der maximal 1 m mächtige Lehm enthält zwei wenig mächtige Erzlager. Das eine ca. 0.01 m mächtige Lager liegt wenige Millimeter über dem die Sohle bildenden, anstehenden Muschelkalk. Das andere findet sich 0.2 m unterhalb der Oberfläche des Lehms und ist ca. 0.03 m mächtig. Die Breite der Hohlform beträgt maximal ca. 1.5 m.

### b) Chemische und mikroskopische Untersuchungen.

Das mulmige Erz und die darin vorkommenden härteren Partien wurden einer quantitativen chemischen Analyse unterzogen. Die lufttrockenen Proben aus Rinne A, Profil II, ergaben folgende chemische Zusammensetzungen (Durchschnitts-Analysen):

	Mulm	harte Partien
$\text{MnO}_2$	44.84	27.14
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	6.25	1.64
$\text{SiO}_2$	27.05	6.34
$\text{Al}_2\text{O}_3$	5.26	1.09

Mulm: Ein Anschliff des mulmigen Erzes wurde nach dem von SCHNEIDERHÖHN und RAMDOHR (1931, 1934) angegebenen Verfahren hergestellt und im Auflichtmikroskop untersucht. Die Farbe des polierten Anschliffs ist grauweiss bis grau. Das Reflexionsvermögen ist mässig. Bei starker Vergrösserung sind kleine Einschlüsse von Quarz und Kalkspat zu erkennen. Der Kalkspat zeigt gelegentlich Zwillingslamellen. Der Reflexionspleochroismus und die Anisotropieeffekte des Erzes sind sehr schwach.

Nach der chemischen und mikroskopischen Analyse treten im mulmigen Erz als Hauptbestandteile Wad und Quarz auf. Weitere Bestandteile sind Calcit und Limonit. Ein Körnerpräparat des Rückstandes zeigte, dass die Tonerde in Form von tonigen Silikaten vorkommt.

Das mulmige Erz ist stark porös und weist ein ausserordentlich lockeres Gefüge auf. Eine am 2. 1. 1942 entnommene Probe hatte einen Wassergehalt (unter 110°) von 60.12 %. Bestimmungen des spezifischen Gewichtes des lufttrockenen Erzes ergaben Werte von 0.3 bis 0.6. Ein Vergleich mit dem Wert

$$\frac{\text{Gewicht}}{\text{Wasserverdrängung der Mineralbestandteile}} = 4.0$$

zeigt deutlich die Porosität des Erzes.

Harte Partien: Innerhalb des mulmigen Erzes fanden wir unregelmässig geformte härtere Stücke. Sie sind von zahlreichen, meist senkrecht verlaufenden Haarklüftchen durchzogen. Diese bilden gewissermassen das Skelett des Stückes. Sie bestehen aus einschlussfreiem Calcit. Der Hauptteil des harten Stückes besteht aus Kalkspat der mit Manganerz-Einschlüssen stark bestäubt ist.

Die harten Partien wurden einer mikroskopischen Untersuchung im Dünnschliff und im Anschliff unterzogen. Der stark mit Erzen verun-

reinigte Kalkspat ist grobkörnig. Als Einschlüsse treten öfters winzige Quarzkörner und seltener kleine Glimmerblättchen auf.

Ein Teil der Haarklüfte ist von feinkörnigem Calcit ausgefüllt.

Die Ausfüllung der übrigen Klüftchen besteht aus Calcit, der dieselbe Korngrösse wie der mit Erzen bestäubte hat. Dabei hat dasselbe Korn meist sowohl am farblosen als auch am bestäubten Kalkspat Anteil. Die Korngrenze fällt nicht mit der Kluftgrenze zusammen (Abbildung 4).

Haarkluft



Haarkluft

**Abbildung 4.** Calcitkonkretion mit Haarkluft. Anschliff im Auflichtmikroskop  $\times$  Nicols, Vergrösserung 43 : 1. Man sieht deutlich, dass einzelne Körner an der Haarkluftausfüllung und an der mit Wad bestäubten Konkretion Anteil haben.

### c) Die Entstehung der Lagerstätte.

#### Die Ausfällung von Mangan und Eisen.

Dass bezüglich des getrennten Vorkommens der beiden nah verwandten Elemente Eisen und Mangan in derselben sedimentären Lager-

stätte heute noch eine grosse Unsicherheit herrscht, geht am besten aus der Behandlung des Problems im neuen Lehrbuch von BARTH-CORRENS-ESKOLA (1939) hervor.

Wir möchten trotzdem auf eine Behandlung der Genese der von uns untersuchten Lagerstätten nicht verzichten. Wir hoffen, durch einen Vergleich unserer Beobachtungen mit den heute zur Diskussion stehenden Erklärungsversuchen einen Beitrag zur Lösung der Frage der Genese terrestrischer Eisen-Mangan-Lagerstätten zu geben.

Die Bedingungen, welche zur Ausfällung von Eisen und Mangan aus Verwitterungslösungen führen, sind Gegenstand zahlreicher Publikationen. Es werden von den Autoren dieser Veröffentlichungen sehr verschiedene erzbildende Vorgänge angegeben, so dass es notwendig erscheint, die bis heute aufgestellten Erklärungsversuche kurz zusammenzufassen. Diese Übersicht wird auch dem Leser der „Tätigkeitsberichte“ erwünscht sein, weil die zitierten Publikationen meist in schwer zugänglichen Zeitschriften erschienen sind. Diese Zusammenfassung wird uns gestatten, wenigstens einige der angenommenen Vorgänge für die Bildung der Erzlager von „Fuchslöchern“ auszuschliessen.

BEHREND (1924) nahm an, dass bei der in Verwitterungslösungen herrschenden starken Verdünnung Eisen und Mangan als Hydroxydsole vorkommen. Er wies nach, dass bei der gegenseitigen Ausflockung des positiv geladenen Eisenhydroxyd-Sols zuerst der Hauptteil des Mangans ausfällt, während das Eisen entweder innerhalb gewisser Grenzen mit einem Teil des Mangans nachfolgt oder so gut wie ganz in der kolloidalen Lösung bleibt. Die Sole können auch durch Elektrolyte in genügender Konzentration gefällt werden. Dabei scheiden auch in Solgemischen, in denen das Mangan im Verhältnis zum Eisen nur in kleiner Menge vorhanden ist, die Elektrolyte zuerst manganreiche Flocken aus. Erst später folgen die eisenreichen Flocken. BEHREND nimmt an, dass ein Teil der Eisen-Mangan-Verwitterungslagerstätten auf diese Weise entstanden sind und weist auf den Gelcharakter dieser Erze hin.

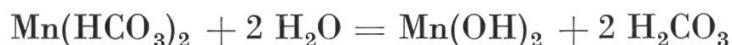
Nach UDLUFT (1923) sollen die in den Verwitterungslösungen sich befindenden Bicarbonate des Eisens und des Mangans durch den in Lösung befindlichen Sauerstoff oxydiert werden und in den Solzustand übergehen. Das Eisenhydroxyd-Sol ist in bicarbonatischen Wässern nicht stabil. Es wird ausgeflockt. Das  $Mn(OH)_4$ -Sol erfährt dagegen keine Veränderung. Es kann ungehindert zirkulieren. Das gleiche gilt für Solgemische von  $Fe(OH)_3$  und  $Mn(OH)_4$  bei  $Mn(OH)_4$ -Vormacht. Im Mn-Schutz kann so in bicarbonatischen Wässern auch Eisen weggeführt werden. Eine Ausflockung der  $Fe(OH)_3$ -Sole und der  $Mn(OH)_4$ -Sole

durch Ladungsausgleich erfolgt, wenn die Menge des vorhandenen Eisens 12—15mal grösser ist als die Manganmenge. Nach den Versuchen von UDLUFT kann Mangan aus bicarbonathaltigen Lösungen nur durch Adsorption angereichert werden.

HELBIG (1930) schliesst aus der ockrigen Beschaffenheit der von ihm untersuchten Eisen-Mangan-Vorkommen auf einen Transport dieser Elemente in Form von Kolloiden. Er weist immerhin darauf hin, dass auch Salze in echter Lösung bei der Bildung der Lagerstätte beteiligt sein konnten. Die Verwitterung liefert nicht nur Kolloide, wie man früher anzunehmen geneigt war. Im Boden können Eisen und Mangan in verschiedenen Formen als echte Lösung auftreten. HELBIG weist auf das Vorkommen von Eisen und Mangan in vielen Pflanzenaschen hin und schliesst daraus, dass beide in echter Lösung der Pflanze zur Verfügung stehen. Auch BEHREND (1924) betonte bereits, dass gelförmige Körper nicht unbedingt aus Solen entstanden sind. Bei der Reaktion molekular gelöster Stoffe können die sich bildenden Niederschläge in so feiner Verteilung ausfallen, dass sie durchaus in vielen Beziehungen Gel-Eigenschaften haben.

CORRENS (1939) lehnt die Erklärung des verschiedenen Verhaltens von Eisen und Mangan bei den terrestrischen Lagerstätten mit der verschiedenen Ladung der Eisenhydroxyd- und Manganhydroxyd-Sole ab. Er vermutet, dass es sich um Ausfällungen aus echten Lösungen handelt, bei denen auch bakterielle Wirkungen eine Rolle spielen.

Eine Zusammenfassung der wesentlichsten Ergebnisse der Forschungen über die Lösung, den Transport und die Wiederausfällung aus echten Lösungen von Mangan verdanken wir W.S. SAVAGE (1936). Der Transport von Mangan erfolgt nach SAVAGE hauptsächlich als Bicarbonat in sauren Wässern, welche ihre Acidität der Gegenwart von freier Kohlensäure verdanken. Wenn solche Wässer neutral oder schwach alkalisch werden, entsteht das lösliche, unbeständige Manganhydroxyd  $Mn(OH)_2$  nach der Gleichung (nach TILLMANS)



Die schwach alkalische Reaktion kann verschiedene Ursachen haben. Zum Beispiel geht alle freie Kohlensäure verloren, wenn die Wasseroberfläche der Atmosphäre ausgesetzt ist oder die Wassermassen in Wasserfällen durchlüftet werden. Bei Gegenwart von Kalken reagiert die freie Kohlensäure mit Calciumcarbonat und bildet Calciumbicarbonat, welches die alkalische Reaktion bewirkt. Auch die Bakterien, welche alkalisch reagieren, können die freie Kohlensäure neutralisieren. Wo

Sauerstoff vorhanden ist, kann das unbeständige Manganhydroxyd oxydiert werden und als ein teilweise dehydriertes Manganhydrat  $MnO(OH)$  ausgefällt werden, welches weiter zu Mangandioxyd oxydiert wird. Die Ausfällung kann wesentlich durch gewisse Arten von Fadenbakterien unterstützt werden. Das ausgefällte Mangandioxyd hat eine starke katalytische Wirkung. Durch diese Katalyse wird der Verlauf der obigen Gleichung nach rechts beschleunigt. Wenn die oxydierenden Bedingungen beibehalten werden, wird schliesslich alles Mangan aus der Lösung ausgefällt.

Auf einige wichtige Arbeiten, welche Einzelfragen der von SAVAGE geschilderten Vorgänge behandelt, soll später eingegangen werden.

Eine weitere Möglichkeit der Ausfällung von Mangan konnte SAVAGE (1936) experimentell nachweisen. Mangan kann nach folgender Gleichung als Carbonat niedergeschlagen werden, wenn eine Manganbicarbonatlösung über eine Kalksteinschicht fliesst:



Es ist jedoch anzunehmen, dass das gebildete Carbonat im Laufe der Zeit auch in die Oxydform übergehen wird, so dass auf der Lagerstätte diese besondere Art der Genese nicht mehr erkannt werden kann.

#### Die Entstehung der Manganlagerstätten in den Hohlformen von „Fuchslöchern“.

Die Sohle der durch Erosion entstandenen Rinnen wurde zunächst mit einem gelben Lehm bedeckt, der sich sehr wahrscheinlich aus eingeschwemmten Verwitterungsrückständen zusammensetzt.

Über dem Lehm, dessen Oberfläche seitlich höher lag als in der Mitte der Rinne, fand dann die Sedimentation des Erzes statt. Darüber wurde wieder Lehm abgelagert. In der Rinne B wiederholten sich diese Sedimentationsvorgänge. Nach der Sedimentation der obersten Lehmlage wurden die Rinnen durch Einsturz zugeschüttet.

Eine Ausflockung des Erzes aus kolloidalen Lösungen ist nicht wahrscheinlich. Bei völligem gegenseitigem Ausflocken des Solgemisches hätten sich nach BEHREND (1924) in dem niedergeschlagenen Gel Schlieren von vorwiegend Mn-reichen Partien einerseits und vorwiegend Fe-reichen Partien andererseits gebildet. Das von uns untersuchte Erz zeigt keine solchen Erscheinungen. Es besitzt einen rund zehnmal grösseren Gehalt an Mn als an Fe. Eine solche Anreicherung von Mn gegenüber Fe aus kolloidalen bicarbonathaltigen Lösungen kann nach

den Experimenten von UDLUFT (1923) nur durch Adsorption durch Bolus oder Ton erreicht werden. Eine solche Adsorption scheint hier nicht vorzuliegen, da das Erz sowohl vom liegenden als auch vom hangenden Lehm scharf getrennt ist und keine Übergänge beobachtet werden können.

Der relativ hohe Mangangehalt lässt sich am besten mit den von ZAPFFE (1931) untersuchten Absätzen im Wasserversorgungsnetz der Stadt Brainerd (Minnesota, USA.) vergleichen. Die Ausfällung des Mangans wird hier bei schwach alkalischer Reaktion und Gegenwart von Sauerstoff durch Fadenbakterien veranlasst und durch die katalytische Wirkung des so ausgefällten  $MnO_2$  stark beschleunigt. Nach ZAPFFE (1931) genügen bei Anwesenheit der Fadenbakterien *Crenothrix* und *Leptothrix* schon 0.2 mg/l Mangan und Eisen in Form anorganischer Salze, um beide Elemente auszufällen. Ist nur Eisen in der Lösung vorhanden, so sind es andere Bakterien, welche bei 0.5 mg/l Eisen einen Niederschlag von Eisenhydroxyd verursachen. Eine einfache Belüftung führt nach ZAPFFE zu keiner Ausfällung des gelösten Mangans. Es ist offensichtlich, dass die feinen Bakterien in älteren Ablagerungen meist nicht mehr erhalten sind. Selbst beim Studium rezenter Manganausscheidungen in der städtischen Wasserversorgung von Brainerd konnte ZAPFFE die Bakterien jeweils nur noch in den allerjüngsten Lagen antreffen.

Dass Bakterien an der Bildung rezenter Eisen und Manganockerbildungen massgebend beteiligt sind, zeigte BAIER (1937) in seiner zusammenfassenden Darstellung der Bedeutung der Bakterien für die Bildung oxydischer Eisen- und Manganerze. Jedoch lässt sich die wahre Bedeutung der Bakterien für die Bildung oxydischer Eisen- und Manganerze nicht übersehen, da sich die bakteriogene Eisen- und Manganausfällung mit der abiogenen überschneidet. Auch die anorganogenen Eisen- und Manganerzbildungen sind zum grossen Teil indirekt durch bakterielle Stoffwechselvorgänge bedingt, da diese den Gesamtchemismus der Gewässer wesentlich beeinflussen.

P.-D. Dr. H. MOHLER bestätigte uns, dass Bakterien die Bildung von  $MnO_2$  veranlassen. Die Ausfällung von  $MnO_2$  in den Wasserversorgungsanlagen der beiden schweizerischen Gemeinden Klingnau und Wettingen wurde durch eine starke, ein Absterben der Bakterien bewirkende Chlorierung des Wassers erfolgreich bekämpft. Dies weist deutlich darauf hin, dass Bakterien die Ausfällung des Mangans verursachten.

VERNADSKY (1930) wies darauf hin, dass bei Anreicherungsprozessen von Mangan an der äusseren Erdoberfläche — der Biosphäre — die lebende Substanz eine auschlaggebende Rolle spielt. Er betont, dass in der Natur die Oxydation von zweiwertigem Mangan zu höherwertigem Mangan stets durch Organismen bedingt ist.

Bakterien scheinen auch für die Entstehung der Manganlager in den Rinnen von „Fuchslöchern“ verantwortlich zu sein. Die Auffassung, dass dabei die Ausfällung aus echten Lösungen erfolgt ist, wird durch die an den jüngeren Lagern in den Schichtfugen und Klüften des Kalkes beobachtete Ausscheidungsfolge bekräftigt (vgl. Seite 62).

Der Gehalt des Erzes an Quarz und tonigem Material beruht jedenfalls auf mechanischer Sedimentation feiner aufgeschlämpter Partikelchen. Dafür sprechen vor allem die beobachteten Glimmerblättchen.

Nach der Erzbildung hat wahrscheinlich durch diagenetische Vorgänge eine Schrumpfung des Erzes stattgefunden. In den dabei entstandenen Klüftchen kristallisierte aus zirkulierenden Bicarbonatlösungen einschlussfreier Calcit aus. Von diesen Klüftchen drangen auch Bicarbonatlösungen in die benachbarten Partien des Erzes ein, kristallisierten dort aus und bildeten so Konkretionen innerhalb des weichen, mulmigen Erzes (vgl. Seite 53).

#### Die in Spuren vorkommenden Elemente.

Von jeher hat der Gehalt der meisten oxydischen Manganerze an andern Metallen Aufmerksamkeit erregt (BEHREND). In den von uns untersuchten Erzen konnten ausser Fe, Mn und Ca auch 0.10% Ni, ferner Ba, Sr und Mg in Spuren nachgewiesen werden.

Wir haben bei unseren chemischen Untersuchungen und spektroskopischen Beobachtungen festgestellt, dass Magnesium und Strontium mit Calcit, Baryum und Nickel mit Wad zusammen vorkommen.

Die Frage der Anreicherung von relativ wenig verbreiteten Metallen in den Manganmulmen haben bereits VOGT (1906) und BEHREND (1924) erörtert. VOGT nimmt an, dass diese Anreicherung eine Folge der oxydischen Ausfällung ist. Da zuerst die Hauptmenge des Eisens oxydiert wird, müssen sich die nur in geringer Menge vorhandenen Metalle zusammen mit dem Mangan in Lösung konzentrieren. Beim Absatz der Manganerze müssen diese Metalle nach VOGT auch zum Teil ausgesondert werden. A priori ist somit zu erwarten, dass die gebildeten Manganerze durch eine reichlichere Beimischung an relativ wenig verbreiteten Metallen gekennzeichnet sind als die entsprechenden Eisenerze.

Nach BEHREND sollen diese Prozesse nur gelegentlich zu einer Anreicherung der genannten Metalle führen. Da nach BEHREND der grösste Teil der in Frage kommenden Manganerze durchaus Gelcharakter hat, nimmt er Adsorptionswirkungen an. Das negative Manganhydroxyd-Sol adsorbiert aus Lösungen vorwiegend die Kationen, das Eisenhydroxyd-Sol die Anionen. Wie wir aber oben gesehen haben, können gelförmige Körper nach BEHREND auch bei der Reaktion echt gelöster Stoffe entstehen. „Dabei kann der sich bildende Niederschlag geringe Mengen des in Lösung bleibenden Körpers mit zu Boden reissen und adsorptionsartig festhalten.“ (BEHREND.)

Die Frage nach der Art der Bindung und der Ausfällung der relativ seltenen Metalle Ni und Ba in Manganerz ist also noch nicht geklärt. Man wird unter Umständen auch an eine katalytische Wirkung des ausgefällten  $MnO_2$  auf die gelösten seltenen Metalle, ähnlich wie sie ZAPFFE für Mangan nachgewiesen hat, denken müssen.

#### d) Das Alter der Erzbildung.

Nach Ablagerung des jüngeren Deckenschotters (Mindel-Eiszeit) setzte im ganzen Hochrheingebiet eine tiefe Erosion ein, während der sich der Rhein bis unter sein heutiges Bett einschnitt. GUTZWILLER (1916) gibt für die jüngeren Deckenschotter eine Höhe von 340—350 m an. Die Sohle der Hohlformen im Muschelkalk von „Fuchslöcher“ liegt ca. 252 m ü. M. (neuer Horizont). Das Alter der Lagerstätten ist deshalb sicher jünger als die Mindel-Eiszeit.

Die Auflagerungsfläche der unteren Niederterrasse befindet sich im Steinbruch „Fuchslöcher“ ca. 260 m ü. M. (ZINKS [1940] Höhenangabe von 268 m scheint auf einem Irrtum zu beruhen). Das Alter der Niederterrasse wird allgemein als würmeiszeitlich angegeben. Die Höhe der Auflagerungsfläche der unteren Niederterrasse gibt uns die Eintiefung des Rheins während des Riss-Würm-Interglazials (bzw. nach ZINK des Würm I- Würm II-Interstadials) an.

Demnach muss die Eintiefung der die Manganlager enthaltenden Hohlformen in die Zeit zwischen der Ablagerung der jüngeren Deckenschotter (Mindel-Eiszeit) und der grössten Vergletscherung der Alpen (Riss-Eiszeit) fallen.

Eine nähere Altersbestimmung ist schwierig, da in der Quartärgeologie gerade über diese Periode noch am meisten Unklarheit herrscht. Wir halten es jedoch für wahrscheinlich, dass die Erzbildung vor der Ablagerung der Rinnenschotter, welche nach ZINK in die Präriss-Eiszeit fällt, stattgefunden hat.

#### 4. Die Lager in den Schichtfugen und Klüften des Kalkes.

##### a) Lagerungsverhältnisse (Abbildung 5).

Beim Betrachten des unter der Auflagerungsfläche der Niederterrassen liegenden Muschelkalkes fällt das beträchtliche Volumen der Hohlräume auf. Die von den Schichtfugen und Klüften ausgehende Auflösung umfasste einen bedeutenden Teil des Kalkes. An den diese Hohlräume begrenzenden Kalken können mannigfache Auslaugungerscheinungen beobachtet werden.

Die durch Korrosion erweiterten Schichtfugen und Klüfte sind meist mit einem gelben oder braunen Lehm ausgefüllt. An einzelnen Stellen ist rund die Hälfte des Kalkes durch braunen Lehm ersetzt. Die obersten 2.7 m Kalk unter der Auflagerungsfläche der Niederterrassen enthalten als Ausfüllung der Hohlräume auch mulmige Eisen- und Manganerze. In die Klüfte der obersten Muschelkalkbänke sind feine Sande der Niederterrassen eingeschwemmt.

In der Regel enthalten die näher der Auflagerungsfläche der Niederterrassen gelegenen Hohlräume einen roten, die tieferen dagegen einen schwarzen Mulm. Doch können auch schwarze Manganmulme in höheren Lagen beobachtet werden. Man findet ferner Eisen- und Manganmulme in derselben Schichtfuge nebeneinander. In einer Schichtfuge wurde über rotem Mulm ein schwarzer Mulm festgestellt.



**Abbildung 5.** Eisen- und Manganerze in den Schichtfugen und Klüften des Muschelkalkes. 20. Dezember 1941.

In den Schichtfugen ist der Mulm immer durch eine Lage gelben Lehms von der liegenden Muschelkalkbank getrennt. Die Mächtigkeit der Erzlager beträgt höchstens 0.02 m. Darüber kommen direkt die

hangenden Muschelkalkbänke, deren untere Grenzflächen besonders ausgeprägte Korrosionserscheinungen zeigen.

• **b) Chemische und mikroskopische Untersuchungen.**

Proben des roten Eisenmulms und des schwarzen Manganmulms wurden quantitativ chemisch analysiert.

	Eisenmulm	Manganmulm
MnO <sub>2</sub>	Spuren	27.09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.08	2.15
SiO <sub>2</sub>	11.81	33.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.85	5.69
Ni	—	0.08
CaO	25.43	9.50
MgO	Spuren	0.36
CO <sub>2</sub>	19.96	7.77
Ba	—	Spuren
Sr	Spuren	Spuren
H <sub>2</sub> O unter 110°	8.82	8.38 •
H <sub>2</sub> O über 110°	3.54	3.96
Summe	99.49	98.96

Um die Korrosionsvorgänge am Kalk zu studieren, wurde ein Dünnschliff durch die Untergrenze einer Kalkbank angefertigt. Der ursprüngliche Kalk hat eine körnige Struktur und enthält viele Schalentrümmer. Die Korrosion griff den Kalk unregelmässig an. Die korrodierte Partie ist braungelb gefärbt, und enthält keine Schalentrümmer mehr. Die typische Struktur ging bei der Umwandlung verloren.

• **c) Die Entstehung der Lagerstätten.**

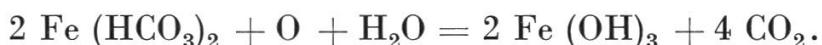
Die Bildung der grossen Hohlräume in den Kalken erfolgte jedenfalls infolge Auslaugung durch stark aggressive Wässer. Der Rückstand der aufgelösten Kalke setzte sich auf der Sohle der Hohlform als heller Lehm nieder. Dieser Lehm verhinderte die später zirkulierenden Wässer, rasch in den liegenden Kalk zu versickern. So entstanden in den Hohlräumen stagnierende Wässer, welche offenbar zur Entstehung der Erzlager nötig waren. Direkt dem Kalk aufliegende Mulme wurden nie beobachtet.

Wir haben weiter oben gesehen, dass die höher gelegenen Mulme durch ihren Eisengehalt charakterisiert sind. Die tiefer gelegenen Mulme

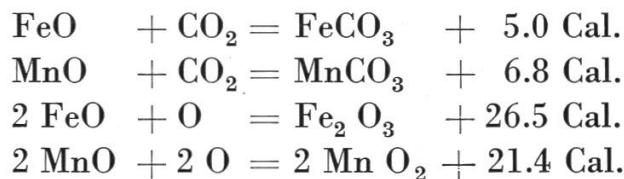
weisen dagegen einen relativ hohen Mangangehalt auf. Ferner beobachteten wir in einer Schichtfuge über einer Lage von Eisenmulm eine Lage Manganmulm.

Diese Lagerungsverhältnisse lassen vermuten, das bakterielle Ausfällung aus descendierenden Lösungen zur Bildung der Erze geführt hat.

Für die Erklärung des getrennten Auftretens von Eisen und Mangan auf einer Lagerstätte ist wichtig, dass die Oxydation von zweiwertigem Eisen schon in neutralen oder schwach sauren Wässern stattfinden kann. Die Gleichung lautet nach TILLMANS:



Mangan wird dagegen erst in neutralen bis schwach alkalischen Wässern oxydiert. ZAPFFE erklärt diese Verschiedenheit der Ausfällung von Eisen und Mangan mit dem allgemeinen Grundsatz, nach dem zuerst diejenige Reaktion abläuft, die von der grössten Wärmeentwicklung begleitet ist.



Folglich wird bei Anwesenheit von  $\text{CO}_2$  zuerst  $\text{MnCO}_3$  gebildet. Dieses ist auch stabiler als Eisencarbonat. Wenn O und  $\text{CO}_2$  zusammen in bedeutendem Überschuss wirken, werden  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{MnO}_2$  gebildet. Wenn sie jedoch nur in kleinen Quantitäten vorhanden sind und nur langsam wirken, so wird sich zunächst O mit Fe zu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{CO}_2$  mit Mn zu  $\text{MnCO}_3$  verbinden. Erst nachdem das gelöste Eisen oxydiert und ausgefällt worden ist, wird auch das Mangan oxydiert werden können.

Die aus diesen Überlegungen resultierende Ausscheidungsfolge wird durch die Studie von VOGT (1906) über oxydische Ausfällung von Eisen und Mangan bestätigt.

BERG (1929) vermutet, dass im langsam strömenden Wasser durch die Differenz in der Ausfällungsgeschwindigkeit der Eisenoxyde und Manganoxyde eine räumliche Trennung der beiden Elemente eintritt. Nur auf diese Weise kann es nach BERG zur Bildung eigentlicher Manganlagerstätten kommen, in denen das Mangan alle andern Elemente überwiegt.

Die von uns beobachteten Lagerungsverhältnisse sprechen dafür, dass die Ausfällung von Eisen und Mangan im Sinne der von ZAPFFE beschriebenen Reaktionen stattgefunden hat. Es ist nach den Ausführungen bei der Besprechung der Manganerze in den Rinnen (Seite 58)

anzunehmen, dass auch hier gewisse Bakterien den Anlass zur Oxydation von Eisen und Mangan gegeben haben.

Obwohl nach obigen Überlegungen Eisen leichter oxydiert wird als Mangan, muss darauf hingewiesen werden, dass in gewissen Wässern kolloidale organische Substanzen anwesend sind, die die Oxydation und die Ausfällung des Eisens verhindern können. Beim Mangan können dagegen nach den Untersuchungen von SAVAGE keine organischen Substanzen die Ausfällung verhindern.

#### d) Das Alter der Erzbildung.

Wie wir weiter oben ausgeführt haben, sind diese Lager an die obersten 2.7 m unter der Auflagerungsfläche der untern Niederterrasse gebunden. Aus diesem Grunde muss eine Abhängigkeit der Lager von dem die Auflagerungsfläche bildenden Rheinbett angenommen werden.

Nach der Ansicht vieler Autoren ist die untere Niederterrasse eine reine Erosionsterrasse innerhalb der oberen Niederterrasse. ZINK (1940) nimmt dagegen an, dass nach der Ablagerung der oberen Niederterrasse zur Würm I-Vereisung ein Interstadial folgte. Während der diesem Interstadial folgenden Würm II-Vereisung soll dann nach ZINK die untere Niederterrasse aufgeschüttelt worden sein.

Die Frage nach der Bildung der untern Niederterrasse ist heute noch umstritten. ZINKS Interpretation ist zu unsicher, da sich dieser Autor z. T. auf irrtümliche Höhenangaben stützt.

Eine genaue Datierung der Auflagerungsfläche in den „Fuchslöchern“ und der an diese gebundenen Erzlager ist daher sehr schwierig zu geben.

#### Anhang: Rezente Manganausscheidungen in Kalkklüften.

Im Steinbruch Fuchslöcher wurde die Grube, in welcher man 1939 die Rinnenlager anschnitt, bis auf das Niederwasserniveau des Rheins abgeteuft. Bei Rheinhochwasser wird deshalb diese Grube zu einem grossen Teil mit Grundwasser gefüllt. Grundwasserträger ist der zerklüftete Muschelkalk (vgl. Abbildung 1).

Durch den weitern Abbau des Muschelkalkes im Winter 1941/42 wurden nun zerklüftete Partien des Kalkes freigelegt, in denen während der Sommermonate der Grundwasserspiegel gelegen hatte. Die Kluftwände waren an einzelnen Stellen von einem wadartigen, schwarzen Überzug bedeckt. Da diese Vorkommen an die heutigen Grundwässer gebunden sind, vermuten wir, dass es sich um rezente Bildungen handelt.

Ihre Entstehung wurde wahrscheinlich dadurch begünstigt, dass der Grundwasserspiegel in den Klüften infolge des Abbaus in der Nähe der Luft lag. Für die Annahme, dass die Luft ein wesentlicher Faktor bei der Ausfällung von Eisen und Mangan ist, spricht auch das Gebundensein der oben beschriebenen Erze (in den Schichtfugen und Klüften des Kalkes) an die ehemalige Oberfläche.

Zu den verschiedensten Perioden des Quartärs haben im Muschelkalk zirkulierende manganhaltige Wässer zur Bildung von Manganerzen geführt. Über die Herkunft des Mangans in diesen Wässern können wir nichts aussagen.

### 5. Vergleich mit ähnlichen Lagerstätten des Auslandes.

Die angeführten Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Erzlager der „Fuchslöcher“ zu dem von SCHNEIDERHÖHN (1933) als terrestrische Eisen-Mangan-Verwitterungslagerstätten beschriebenen Lagerstättentyp gehören. Die Erze dieses Typus sind an zahlreiche einzelne Hohlformen gebunden. Als solche Hohlformen treten Mulden, Taschen, Trichter, Kolke, Höhlengänge usw. auf. Sie verlaufen teils unabhängig voneinander, teils hängen sie miteinander zusammen und verzweigen sich mannigfach. Diese Hohlformen sind in das feste Untergrundsgestein eingesenkt. Als solches tritt meist Kalk oder Dolomit auf. Die Hohlformen sind völlig ausgefüllt mit lockern Verwitterungserzeugnissen. „Die Erze liegen in einzelnen Linsen und Schmitzen und unregelmässigen Massen nahe der Sohle der Hohlformen, getrennt vom anstehenden Gestein durch einen schmalen Letten- oder Tonbelag. Auch weiter im Hangenden findet man noch Erzlinsen eingelagert.“

Ähnlich charakterisiert HARRASSOWITZ (1920) die Manganerze der deutschen Verwitterungslagerstätten. Er betont namentlich das Gebundensein dieser Typus an Kalke.

Bei den deutschen Vorkommen wurde von HARRASSOWITZ (1920) und BEYSCHLAG (1915) die Entstehung dieser Lagerstätten durch Verwitterungsvorgänge — im weitesten Sinne des Wortes — ausdrücklich betont.

Ein Vergleich der allgemeinen Charakterisierung SCHNEIDERHÖHNS mit den Verhältnissen in den Rinnen von „Fuchslöchern“ zeigt weitgehende Übereinstimmung. Bei Lager A fehlt die nahe der Sohle liegende Erzlinse. Im Lager B ist sie dagegen ausgebildet. Das Vorhandensein von Lagern inmitten der lockeren Verwitterungserzeugnisse (Lehm) wurde durch die Lagerungsverhältnisse der beiden Vorkommen bestätigt.

Diesem Typus gehören auch die Erze in den Schichtfugen und Klüften des Muschelkalkes an.

RAABE (1927), REUSCH (1923), WITTE (1926) u. a. haben ausführliche Beschreibungen von terrestrischen Eisen-Mangan-Verwitterungslagerstätten des Rheinischen Schiefergebirges und des Hunsrückes gegeben. Alle von diesen Autoren beschriebenen Vorkommen besitzen grössere Ausdehnung und werden bergmännisch abgebaut. In den Fuchslöchern haben wir kleinere Lager, die jedoch genetisch mit den Manganerzen des Rheinischen Schiefergebirges nahe verwandt sind.

## 6. Die bisher bekannten Manganvorkommen in der Nord-schweiz und in den benachbarten Gebieten.

OSANN (1927) erwähnt Wad aus drusigen Räumen des Muschelkalkes bei Ubstadt und Bürgeln (Baden).

Nach SCHALCH (1916) sollen schwarze Streifen in den Tonen der Bohnerzformation auf eine lokale Führung wadartiger Manganverbindungen hinweisen. Diese scheiden sich zuweilen in dünnen Adern und Nestern aus.

In der Niederterrasse des Rheins und seiner Nebenflüsse können oft Gerölle beobachtet werden, die mit einem schwarzen Überzug von Mangan- und Eisenverbindungen überzogen sind. Solche Gerölle wurden in der Literatur bereits von GUTZWILLER (1895) und VAN WERVECKE (1911, 1913) erwähnt.

Mit Eisenhydroxyd überzogene Gerölle übergab uns Dr. W. SCHMASSMANN im Dezember 1941 zur Untersuchung. Sie wurden in den Alluvionen der Ergolz, 2.8 m unter Terrain auf der Höhe des Grundwasserspiegels, beim Aushub eines Kellers in der „Brunnmatt“ bei Liestal gefunden.

Die relative Häufigkeit dieser mit Mangan- und Eisenverbindungen überzogenen Gerölle in der Niederterrasse der Umgebung von Basel bestätigte uns auch Dr. L. VONDERSCHMIDT. Nach Mitteilung von J. HÜBSCHER kommen sowohl in altdiluvialen als auch in jungdiluvialen Schottern der Umgebung von Schaffhausen Horizonte vor, in denen die Gerölle mit Wad überzogen sind. Alle diese Bildungen sind mit den von GERTRUD SCHRECKENTHAL (1931) studierten Manganhorizonten des Marchfeldes zu vergleichen. SCHRECKENTHAL erklärte die ausgeprägten Manganhorizonte in den diluvialen Schottern dadurch, dass der Grundwasserspiegel längere Zeit in den durch die Horizonte gekennzeichneten Höhen stehen geblieben war. Zwei übereinanderliegende Horizonte fasst

sie als zwei Rückzugsstadien des Grundwassers auf. Dass die Ausfällung gerade an der Oberfläche des Grundwassers stattfindet, führt SCHRECKENTHAL auf die eine Konzentrationssteigerung bedingende Verdunstung und auf den Verlust von  $\text{CO}_2$  zurück. SCHRECKENTHAL und HELBIG (1930) fanden die Vorkommen von Mangan stets in groben Schottern, was auf eine Begünstigung der Ausfällung in luftigeren Bodenräumen hinweist.

## 7. Zusammenfassung.

Im Steinbruch „Fuchslöcher“ (Gemeinde Muttenz) kommen terrestrische Eisen-Manganerzbildungen aus verschiedenen Perioden des Quartärs vor. Bei einem maximal 35 cm mächtigen Lager in einer mitteldiluvialen Rinne handelt es sich um die grösste Mangananreicherung, welche bisher aus der Nordschweiz und benachbarten Gebieten bekannt geworden ist. Die beobachteten Verhältnisse sprechen dafür, dass Bakterien bei der Oxydation und Ausfällung des Mangans massgeblich beteiligt waren. Eine katalytische Wirkung des so gebildeten  $\text{MnO}_2$  mag die Ausfällung beschleunigt haben.

Eisen- und Manganerze bilden auch Ausfüllungen von Schichtfugen und Klüften des anstehenden Muschelkalkes. Die festgestellte Ausscheidungsfolge zeigte, dass aus den descendierenden Lösungen zuerst das Eisen abgeschieden wurde. Das Mangan konnte erst ausfallen, nachdem die Hauptmenge des Eisens niedergeschlagen war. Dieses getrennte Vorkommen der beiden nahverwandten Elemente beruht auf einer fraktionierten Oxydation.

## 8. Literatur.

- BAIER, C. R., Die Bedeutung der Bakterien für die Bildung oxydischer Eisen- und Manganerze. — Geologie der Meere und Binnengewässer, Bd. 1, 1937.
- BARTH-CORRENS-ESKORA, Die Entstehung der Gesteine. — Berlin 1939.
- BEHREND, F., Über die Bildung von Eisen- und Manganerzen durch deren Hydroxydsole auf Verwitterungslagerstätten. — Zeitschrift für praktische Geologie 32, 1924.
- BERG, G., Vorkommen und Geochemie der mineralischen Rohstoffe. — Berlin 1929.
- BEYSCHLAG, F., Über die aus der Gleichheit der „Geologischen Position“ sich ergebenen natürlichen Verwandtschaften der Erzlagerstätten. — Zeitschrift für praktische Geologie 23, 1915.
- CORRENS (1939), siehe BARTH-CORRENS-ESKOLA.
- GUTZWILLER, A., Die Diluvialbildungen der Umgebung von Basel. — Verhandlungen Natf. Ges. Basel, Bd. 10, 1895.
- GUTZWILLER, A. und GREPPIN, ED., Geologische Karte von Basel. Erster Teil: Gempen-plateau und unteres Birstal, 1:25 000. Spezialkarte Nr. 77, 1915.
- GUTZWILLER, A. und GREPPIN, ED., Erläuterungen zur geologischen Karte von Basel, I. Teil. — Erläuterungen Nr. 18, 1916.

- HARRASSOWITZ, HERMANN, Verwitterung und Lagerstättenbildung. — Naturwissenschaftliche Monatshefte, Bd. XXI, 1920.
- HELBIG, MAXIMILIAN, Weitere Untersuchungen über Bodenverkittung durch Eisen und Mangan bzw. Tonerde und Kalk. — Chemie der Erde 4, 1930.
- HEUSSER, H., Beiträge zur Geologie des Rheintales zwischen Waldshut und Basel. — Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, N. F. 57, II. Abt., 1926.
- OSANN, ALFRED, Die Mineralien Badens. — Stuttgart 1927.
- RAABE, WILHELM, Die Eisenmanganerzvorkommen zwischen Bingerbrück und Stromberg. — Mitt. aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Bd. 9, Lfg. 10, 1927.
- REUSCH, HERMANN, Die Eisenmanganerzlagerstätte der Grube Adler bei Gambach in Oberhessen. — Ber. der oberhessischen Ges. für Natur- und Heilkunde zu Giessen, N. F., Naturwissensch. Abt. Bd. 9, 1923.
- SAVAGE, W. S., Solution, Transportation and Precipitation of Manganese. Economic Geology, Vol. XXXI, 1936.
- SCHALCH, F., Geologische Spezialkarte des Grossherzogtums Baden. Erläuterungen zu Blatt Wiechs-Schaffhausen. — Heidelberg 1916.
- SCHNEIDERHÖHN, HANS, Die Entstehungsvorgänge der Manganlagerstätten mit besonderer Berücksichtigung ihrer Aufbereitungsmöglichkeiten. — Ber. der Fachausschüsse des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, Erzausschuss Bericht Nr 14, 1926.
- SCHNEIDERHÖHN, HANS, Erzlagerstätten. — Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 2. Aufl., Bd. 3, 1933.
- SCHNEIDERHÖHN und RAMDOHR, Lehrbuch der Erzmikroskopie. — Berlin 1931, 1934.
- SCHRECKENTHAL, GERTRUD, Mangan- und Eisenanreicherung in den diluvialen Schottern des Marchfeldes. — Chemie der Erde, Bd. 6, 1931.
- UDLUFT, H., Zur Entstehung der Eisenmanganerze des oberen Zechsteins in Spessart und Odenwald. — Senckenbergiana 5, 1923.
- VERNADSKY, W. J., Geochemie in ausgewählten Kapiteln. Autorisierte Übersetzung aus dem Russischen von E. KORDES. — Leipzig 1930.
- VOGT, J. H. L., Über Manganwiesenerz und das Verhältnis zwischen Eisen und Mangan in den See- und Wiesenerzen. — Zeitschrift für praktische Geologie 14, 1906.
- VONDERSCHMIDT, L., Bericht über die Exkursionen der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft im nordschweizerischen Jura. — Eclogae geologicae Helvetiae, vol. 34, Nr. 2, 1941.
- WERVECKE, L. VAN, Manganausscheidungen in Diluvialablagerungen bei Marlen und Dürmenach. — Mitt. der Philomatischen Gesellschaft in Elsass-Lothringen, Bd. IV, H. 4, 1912.
- WERVECKE, L. VAN, Nachtrag. — Mitt. der Philomat. Ges. in Elsass-Lothringen, Bd. IV, H. 5, 1913.
- WITTE, W., Die Eisen- und Manganlagerstätte bei Oberrosbach, Provinz Oberhessen. — Neues Jahrbuch für Min. usw., Beil.-Bd. LIII, Abt. A, 1926.
- ZAPFFE, CARL, Deposition of Manganese. — Economic Geology, Vol. XXVI, 1931.
- ZINK, FRITZ, Zur diluvialen Geschichte des Hochrheins und zur Altersstellung der paläolithischen Station „Murg“. — Mitt. der Reichsstelle für Bodenforschung, Zweigstelle Freiburg i. Br., Heft 1, 1940.