

# Mineral- und Erzlagerstättenkunde

von

**H. Huttenlocher †**

Prof. an der Universität Bern

Zweite, neubearbeitete Auflage

Mit 41 Abbildungen

von

**Dr. P. Ramdohr**

Prof. an der Universität Heidelberg

Band II



Sammlung Göschen Band 1015/1015 a

Walter de Gruyter & Co. · Berlin 1965

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag,  
Verlagsbuchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

©

Copyright 1965 by Walter de Gruyter & Co., vormal's G. J. Göschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp., Berlin 30. — Alle Rechte, einschl. der Rechte der Herstellung von Photokopien und Mikrofilmen, von der Verlagshandlung vorbehalten. — Archiv-Nr.: 77 90 657. — Satz und Druck: Thormann & Goetsch, Berlin 44. — Printed in Germany.

## INHALTSVERZEICHNIS

### I. Die Lagerstätten der Erzminerale

<b>A. Gehalte und Bauwürdigkeitsgrenzen der verschiedenen metallischen Erze</b> .....	6
<b>B. Eisen und Eisenlegierungsmetalle</b> .....	8
1. Eisen .....	8
a) Liquidmagmatisch .....	8
b) Kontaktmetasomatisch .....	10
c) Hydrothermale Bildungen .....	13
d) Sedimentäre Bildungen .....	15
e) Metamorphe Bildungen .....	18
2. Mangan .....	20
3. Chrom .....	22
4. Nickel .....	26
5. Kobalt .....	30
6. Vanadium .....	31
7. Molybdän .....	32
8. Wolfram .....	33
9. Titan .....	34
<b>C. Edelmetalle</b> .....	36
1. Gold .....	36
2. Silber .....	46
3. Platin und Platinoide .....	50
<b>D. Buntmetalle</b> .....	55
1. Kupfer .....	55
2. Zink, Blei, Cadmium .....	72
3. Zinn .....	84

<b>E. Leichtmetalle</b> .....	87
1. Aluminium .....	87
2. Magnesium .....	90
3. Beryllium .....	91
<b>F. Übrige Metalle</b> .....	91
1. Antimon, Arsen, Wismut, Quecksilber .....	91
2. Niob und Tantal .....	94
3. Uran .....	94
4. Thorium und Seltene Erden .....	97
5. Zirkon .....	98
<b>II. Lagerstätten der Nichterze</b> .....	98
1. Graphit .....	98
2. Diamant .....	100
<b>B. Schwefel</b> .....	103
<b>C. Quarz</b> .....	105
<b>D. Karbonate und Sulfate der Erdalkalien</b> .....	106
<b>E. Fluorit und Apatit mit Phosphorit</b> .....	109
<b>F. Salinare Stoffe aus ozeanischen und lakustren     Salzlagern</b> .....	111
<b>G. Tone und Kaoline</b> .....	116
<b>H. Talk, Asbest und Glimmer</b> .....	118
1. Talk .....	118
2. Asbest .....	119
3. Glimmer .....	120
Mineralien des Schmucksteingewerbes .....	121
<b>III. Vorräte und Produktionen mineralischer     Rohstoffe</b> .....	123
Eisen 125, Mangan 126, Chromit 126, Nickel 127, Wolfram 127, Kobalt 127, Molybdän 128, Vana-	

Inhaltsverzeichnis 5

dium 128, Kupfer 128, Zink 128, Blei 129, Zinn 129,  
Gold 129, Silber 129, Uran 130, Aluminium 130,  
„Andere Metalle“ 131, Diamant 131

Sachregister ..... 132

Ortsregister ..... 133

## I. DIE LAGERSTÄTTEN DER ERZMINERALIEN

### A. Gehalte und Bauwürdigkeitsgrenzen der verschiedenen metallischen Erze

Keine Lagerstätte ist gleich der anderen, jede besitzt einen ganz individuellen, vom geologischen Werdegang abhängigen Charakter. Eine als nutzbar bezeichnete Erzlagerstätte erfordert in erster Linie einen bestimmten minimalen Erzgehalt und einen hinreichenden Vorrat. Doch genügt selbst ein überdurchschnittlich günstiger Prozentsatz nicht, wenn erschwerende, nicht geologisch bedingte Umstände einen Abbau wirtschaftlich untragbar machen. Diese können verkehrstechnischer, klimatischer, markttechnischer (Metallpreise!) oder auch wirtschaftspolitischer Natur sein. Umgekehrt ist denkbar, daß bei sonst normalerweise nicht bauwürdigen Gehalten doch gefördert wird, wenn irgendwie Zwangslagen (Krieg, Devisenlage, Autarkiebestrebungen, Einfuhrverbote) dazu nötigen.

Uns interessieren die die Bauwürdigkeit bestimmenden, mineralogisch-geologischen Merkmale: Ausdehnung der Lagerstätte mit ihrer absoluten Erzmenge, Verbandverhältnisse mit dem Nebengestein, Verteilung und mineralogische Natur der Bindung des Metalls und schließlich Feinverwachsung der Metallträger mit den Begleitmineralien. Die letztere bestimmt weitgehend das Aufbereitungsverfahren (Bd. I S. 124) und die Verhüttbarkeit, besonders die der sog. Komplexerze. Es gibt Erzvorkommen, die nur auf einen Stoff bearbeitet werden (z. B. Al, Hg fast immer, Fe meist), andere, die erst durch das Nebeneinander mehrerer Metalle bauwürdig werden. Die Angabe von „Bauwürdigkeitsgrenzen“ wird dann schwierig.

Nachstehend führen wir die Minimal- und Durchschnittsgehalte der Erze einiger Metalle für normale

A. Gehalte und Bauwürdigkeitsgrenzen metallischer Erze 7

Verhältnisse an. Unter „Erz“ ist in diesem Falle das beim Bergbau anfallende Rohgut verstanden, bevor es eine weitere Anreicherung erfahren hat.

	% - Gehalt		Ergänzende Bemerkungen
	Minimum	durchschnittl.	
Fe	25	50	niedrigere % bei V- und Mn-Gehalt, bei $\text{SiO}_2 < 15\%$ oder bei leicht konzentrierbarem Magnetit;
Mn	30	40	wenn Fe und Mn zusammen vorkommen auch $< 30\%$ .
Cu	0,8	3	Minimum nur bei großen, leicht gewinnbaren Vorräten.
Zn	5	20	Minimalgehalt gilt nur für sulfid. Zn. Galmei erfordert mindestens $10\%$ .
Pb	2	8—10	Minimum, wenn gleichzeitig $2-3\%$ Zn und/oder $\sim 50$ g/t Ag, $8-10\%$ , wenn Ag-arm.
Ag	0,005		$0,005\%$ (50 g/t) als Nebenprodukt bei der Verhüttung von Pb-, Cu- und Au-Erz; $0,1\%$ (1000 g/t) in eigentl. Ag-Erzen (Amalgamiererz).
Au	0,0006		$0,0006$ (6 g/t) als Pocherz von großem Vorkommen; $0,0001\%$ (1 g/t) als Seifengold;
Pt	0,00002	0,0005	$0,0002\%$ aus Cu- und Pb-Erzen als Nebenprodukt. $0,00002\%$ (0,2 g/t) Seifenplatin im Großbetrieb; $0,0005$ (5 g/t) in Peridotiten und Gabbros.

## B. Eisen und Eisenlegierungsmetalle

### 1. Eisen

Das Eisen ist eine der Hauptgrundlagen der heutigen Zivilisation.

Als Eisenminerale kommen in Betracht:

Magnetit $\text{Fe}_3\text{O}_4$	72 % Fe	spez. Gew. 5,2
Eisenglanz (Hämatit) $\text{Fe}_2\text{O}_3$	70 % Fe	spez. Gew. 5,2
Brauneisen (Limonit) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	60—63 % Fe	spez. Gew. 3,5—4
Siderit $\text{FeCO}_3$	48 % Fe	spez. Gew. ~ 4
Chamosit und Verwandte		
$\sim 3 \text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot$ $2 \text{SiO}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	28—37 % Fe	spez. Gew. 3—3,4

Eisensulfide kommen für die Fe-Gewinnung nicht in Betracht; im Gegenteil gilt schon ein S-Gehalt von 0,3 % als schädlich, ebenso bereits 0,03 % As. Cr und Ni werden wenig geschätzt, Si muß zur guten Schlackenbildung mit einer entsprechenden Ca-Menge verknüpft sein oder entsprechend gemischt werden, was u. U. die Gehalte zu sehr drückt. Mn ist stets geschätzt; mehr als 0,07 % P im Roheisen verlangt zur Weiterverarbeitung den Thomasprozeß, der P an Dolomit gebunden (Thomasschlacke) entfernt.

Eisen zeigt als vierthäufigstes Element begreiflicherweise eine breite Lagerstättenmannigfaltigkeit; augenblicklich sind Vorkommen sedimentärer und sedimentär metamorpher Herkunft am wichtigsten.

#### a) Liquidmagmatische und liquidmagmatisch-pneumatolytische Lagerstätten

Eigentliche Fe-Lagerstätten treten als liquidmagmatische Bildungen selten auf, dagegen treffen wir als solche häufig Titanomagnetit- (Magnetit mit eingelagerten Ilmenitentmischungen) oder Ilmenitvorkommen an. Beim

heutigen Stand der Verhüttungstechnik sind diese aber, obwohl in mächtigen Konzentrationen vorhanden, als Fe-Erze noch nicht beliebt und stellen eher das Ausgangsmaterial für die Ti-Gewinnung dar.

Die bekannten im nordschwedischen Präkambrium liegenden Magnetitlagerstätten des Kirunagebietes stellen in der jetzigen Form Erzinjektionen geknüpft an syenitische bis quarzporphyrische Magmen dar, die nun das Nebengestein sowohl der Haupterzmasse als auch kleinere Erzgänge und Erzbreziengänge bilden. Die Bildung der Erzlösung fällt noch in den liquidmagmatischen Abschnitt. Der Haupterzkörper, eine bis 130 m breite, steil E-fallende Platte, erhob sich in einem 3 km langen Höhenzug etwa 300 m über die Umgebung (Abb. 1).

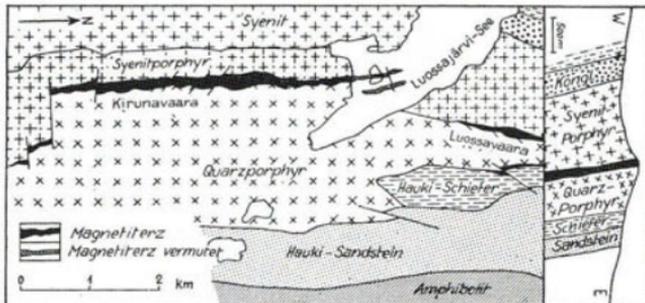


Abb. 1. Die Eisenlagerstätten von Kiruna (nach VOGT, GEIJER u. a.).

Magnetometrische Vermessung, Bohrungen usw. lassen ihn über 15 km in streichender Fortbewegung und bis 1000 m Tiefe im Fallen mit 1,5 Mrd. t Erzvorrat nachweisen. Die Mineralisierung ist einfach: Ti-armer Magnetit, wenig Eisenglanz und F-Apatit, dazu wenig Silikate bilden ein Erz von 65—68 % Fe und 1—2 % P, also ein typisches Thomaserz. Die zentralen Teile sind  $\emptyset$  etwas P-ärmer, abgetrennte Körper auch erheblich reicher. — In der Nähe liegen Dutzende von Körpern ähnlichen Typs, nach Südosten die analogen, aber stärker metamorphosierten von Gellivare (reicher an Hämatit).

In Mittelschweden gehört Grängesberg zum selben Typ, aber mit weiter verstärkter Metamorphose.

Diese Vorkommen liefern jährlich mehr als 14 Mill. t Erz, das besonders in Deutschland und England verhüttet wird.

Das Charakteristische des Kiruna-Typus besteht vor allem darin, daß es sich nicht um eine in situ gebildete gravitative Fe-Oxydanreicherung handelt, sondern daß hoherhitze wasserreiche Schmelzen während des Ausklügens der magmatischen Tätigkeit in einem nicht besonders tiefen — lokal, wie man jetzt aus einem ganz jung tertiären Vorkommen in Chile (El Laco bei Antofagasta) weiß, sogar als Lavastrom! — Niveau bewegt und intrudiert werden können. Zu diesem Erztyp rechnen noch in Chile Algarrobo und Tofo, in USA Iron Mountain in Missouri und einige kleinere; Cerro de Mercado in Mexico scheint wie El Laco sehr oberflächennah zu sein. — Die mit dem Erz transportierten Lösungsbedingungen oft Verdrängungen, z. B. Bildung von Hornblende, Skapolith, Turmalin, Molybdänit, so daß Übergänge zu metasomatischen Vorkommen vorkommen.

Es ist denkbar, daß im Bereich der Tiefenmetamorphose ehemals sedimentäre Vorkommen durch intensiven Stoffaustausch den eben beschriebenen Vorkommen ähnlich werden könnten.

#### b) Kontaktmetasomatische Lagerstätten

Diese sind meist im Mineralbestand mannigfaltiger, da es sich um Reaktionsprodukte zwischen den vom Magma abgegebenen pneumatolytisch-hydrothermalen metallreichen Endlösungen und einem verdrängten Altbestand handelt (Bd. I S. 61 ff.). Durch hohe Gehalte an Fe-Sulfiden kann der Wert stark gemindert sein, doch können andererseits Cu-, Zn-, Pb-Gehalte gelegentlich wertvolle Nebenprodukte liefern.

Die wenigen zu dieser Gruppe gehörenden Vorkommen in Deutschland sind klein (Berggießhübel) oder nur mineralogisch interessant.

*Brosso* und *Traversella* im Piemont sind an mittel-tertiäre, das alpine Deckenwurzelsystem durchbrechende Granodiorite

gebunden. Die Mineralisation zeigt hier wie in ähnlichen

Vorkommen eine charakteristische Altersfolge: Bildung von Kontaktsilikaten,

oft mit Fe-Zufuhr, anschließend Magnetit und Eisenglanz,

während die folgende Zufuhr von Sulfiden

als Imprägnation hydrothermal ist und

mit einer Teilhydratisierung älterer Silikate parallelläuft (Abb. 2).



Abb. 2. Erzreicher Silikatfels (Skarn) Traversella, Ob.-Italien. Gemenge von strahliger Hornblende und feinkörnigem Chlorit in Kupferkiesgrundmasse (K), außerdem Magnetit (M) und Molybdänglanz (Mo).

Die kalkigen Lagen im Nebengestein sind oft restlos durch Erz ersetzt; die Fe-Oxyde werden auf Fe, die ungewöhnlich reichlichen Fe-Sulfide zur Schwefelsäureherstellung abgebaut, Kupferkies und Bleiglanz durch Flotation gewonnen. Die bekannten Fe-Lager der *Insel Elba* weisen etwa 30 Mill. t Vorräte auf. Die Abfolge tertiärer Granitmagmen führte zu lager-, gang- und nesterförmigen Vererzungen permokarbonischer Sandsteine und zu Verdrängungen von Rhätkalken. Die von Elba bekannten Hämatit-, Pyrit- und Ilvaitkristalle entstammen diesen Mineralisierungen (Abb. 3).

Wirtschaftlich viel bedeutsamer sind die kontaktmetasomatischen Fe-Lager im Ural. Die wesentlichsten sind *Gora Blagodat*, *Wyssokaya* und *Magnitnaya*. Im ersten Vorkommen spielen Syenitporphyre eine Rolle, welche einen mit vulkanischen Tuffen alternierenden Sedimentkomplex injizieren. Dieser wurde verhornfelst, verskarnt und magnetitimpregniert. Die Syenitporphyre sind reich an Magnetit und leichtflüchtigen Komponenten, sie enthalten neben Orthoklaseinsprenglingen Skapolith, Apatit und weisen trachytoide Fluidalstruktur auf. Es liegen offensichtlich nahe Beziehungen zum Kirunatyp vor. Die ermittelten Vorräte belaufen sich auf 90 Mill. t. Den etwa doppelt so großen Erzvorrat enthält *Wyssokaya*, wo unter ähnlichen Verhältnissen wieder alkali-syenitische Magmen eine mehr kontaktmetasomatische Vererzung silurischer Ablagerungen erzeugte. Die größte uralische Eisenlagerstätte ist aber der *Magnitnaya*-Berg bei der Industriestadt Magnitogorsk, wo paläozoische Granitintrusionen karbonische Sedimente mit zwischenlagernden sauren bis basischen Ergüssen und Tuffen umgewandelt haben. In beiden Vorkommen ist das Erz recht hochwertig.

Große Bedeutung hatte die „*Banater Eisenprovinz*“, etwa dort, wo heute Rumänien, Jugoslawien und Ungarn zusammenstoßen. Tertiäre Granodiorite („*Banatite*“) intrudieren Kreidekalke und bilden aus ihnen mächtige Magnetit- und Skarnmassen, wobei in den letzteren oft große Mengen von Bor zugeführt sind (Ludwigit, Szaibelyit). Die Sulfidvererzung kann damit verknüpft oder allein wichtig sein (S. 58).

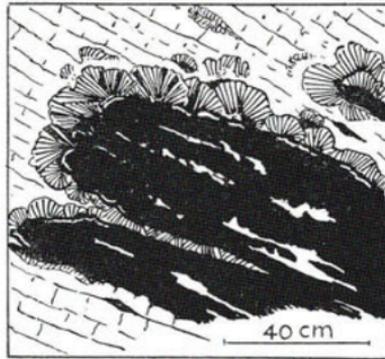


Abb. 3. Strahliger Pyroxen mit Ilvait am Kontakt von Magnetit zu Rhätalk, Calamita, Elba (Magnetit = schwarz).

Die sogenannten „Rif-Erze“ aus der Gegend von Melilla (Span.-Nordafrika) sind ähnlicher Natur; lokal kann Pyrit stören.

*Divrik*, die größte Fe-Lagerstätte der Türkei, ist aus ziemlich kompaktem Magnetit, lokal aber stark sulfidimprägniert, aufgebaut. Es wurde wahrscheinlich schon von den Hethitern abgebaut und ist damit die älteste Eisen-grube der Erde! — Von den unzähligen Vorkommen in aller Welt seien in den USA genannt: *Iron Springs* in Utah; *Cornwall*, Pennsylvanien, *Hanover*, New Mexico.

c) Gänge und Verdrängungen hydrothermalen Herkunft  
(alle Gruppen)

Das hier gefällte Eisen liegt als Hämatit, Siderit und Ankerit, schließlich — hier aber nicht zur Diskussion stehend — Pyrit vor. — Gänge und Verdrängungen können durch Übergänge verknüpft sein. — Relativ niedere Gehalte machen die Erze nur in industriell günstiger Lage oder nach Anreicherung durch Verwitterung interessant.

Das schulmäßige Beispiel für Spateisengänge liefert das *Siegerland* im Rheinischen Schiefergebirge. In den schieferigen bis sandigen Schichten des Devon setzen in den unzähligen Verwerfungen Eisenspatgänge in Gangschwärmen auf, die in der Hauptsache den Siegener Sattel N-S queren. Ihre Mächtigkeit schwillt in den leichter reißenden, sandigen oberen Siegener Schichten bis zu 30 m an, während sie in den unteren tonigen merklich zurückbleibt. Mn-haltiger Eisenspat (6 % Mn) macht die Hauptfüllung aus. Die Mineralisierung ist vielfach recht komplex und vielphasig mit Rejuvenationen. Sie hat mitteldevonisches Alter, da sie durch die oberdevonischen Diabase metamorphosiert ist. Obwohl das Roherz nur wenig mehr als 30 % Fe enthält, liegt hier für Deutschland eine wirtschaftlich wichtige Lagerstätte vor, da die jährlich geförderten 1—2 Mill. t Spateisen etwa 100 000 t Mangan entsprechen. Von den Begleitmineralien wurden oder werden lokal gewonnen Kupferkies, Zinkblende und vereinzelt Pb- und Ni-Erze.

Ähnliche Gänge finden sich auch im slowakischen Erzgebirge, Schlesien, Harz, Thüringen, Marokko usw. Manche zeigen instruktive Übergänge zu metasomatischer Verdrängung bei geeignetem Nebengestein und Anwesenheit eines „Erzstauers“.

Hydrothermale metasomatische Siderit- und Magnesitbildung gehören zum Charakterzug ostalpiner Mineralisierung und sind Begleiterscheinungen der bei der alpinen Gebirgsbildung mobilisierten Stofftransporte. In der nördlichen Grauwackenzone ist der *Erzberg* in Steiermark

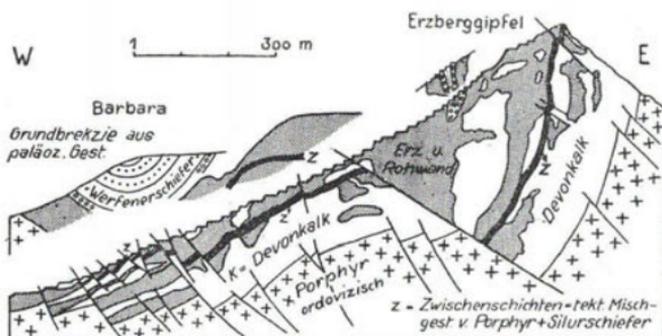


Abb. 4. Profil durch den steirischen Erzberg (nach KERN und HABERFELLNER).

(Abb. 4) das weitaus bedeutendste Vorkommen neben einer Reihe kleinerer. Das Erzberger Erz besteht fast nur aus Siderit und Ankerit ( $\text{FeCa}[\text{CO}_3]_2$ ). Letzterer ist eine Zwischenstufe der Umbildung des devonischen Kalkes zu Siderit. Reliktisch können dabei ursprüngliche Bänderung und Fossilgehalt erkennbar bleiben. Der über mehrere hundert Meter vertikal aufgeschlossene Erzkörper ist im Liegenden durch schieferigen Keratophyr, im Hangenden durch Werfener Schiefer abgedämmt. Das Erz weist 30–38 % Fe und 2 % Mn auf. Jahresförderung bis 2½ Mill. t. In geologisch anderer Umgebung, die durch intensive Verschuppung von Gneis-Glimmerschiefer-Marmor-Komplexen gekennzeichnet ist, treten die hochwertigen sideritisierten Marmore von *Hüttenberg* in Kärnten auf.