

DIE
BODENSCHÄTZE DER ERDE:
SALZE, KOHLEN, ERZE, EDELSTEINE.

ZUR EINFÜHRUNG
FÜR LAIEN UND STUDIERENDE.

VON

Professor Dr. **ARTHUR SACHS**
IN **BRESLAU.**

MIT 6 ABBILDUNGEN.

LEIPZIG UND WIEN.
FRANZ DEUTICKE.

1916.

Verlags-Nr. 2371.

K. u. k. Hofbuchdrucker Fr. Winkler & Schickardt, Brünn.

SEINEN LEHRERN

CARL HINTZE UND FRITZ FRECH

GEWIDMET.

Vorwort.

Die nachstehende Schrift stellt den Versuch dar, das Wichtigste über die Bodenschätze der Erde in kürzester Form darzustellen. Sie ist einerseits zur Information für Laien, andererseits als Grundlage für unsere Studenten geschrieben. Besonderer Wert wurde auf das pädagogische und auf das ökonomische Moment gelegt. Meine früheren Schriften: „Die Erze“ (Deuticke 1905) und „tabellarische Übersicht der technisch nutzbaren Minerale“ (ebenda 1909) wurden teilweise mitbenutzt. Die Angaben über Metallproduktion wurden entnommen aus: Bergeat, „Abriß der Erzlagertstättenkunde.“

Bei dem wachsenden Interesse, das man an den Mineralschätzen, auch in der Politik, nimmt, wird, so hoffe ich, diese Arbeit nicht unwillkommen sein.

Breslau, im Juni 1916.

Prof. A. Sachs.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Aufbau der Erde und Erforschung der Gesteinskruste	1
2. Die gesteinsbildenden Mineralien	3
3. Die Gesteine und geologischen Formationen	4
4. Allgemeines über nutzbare Lagerstätten und deren Auftreten in den geologischen Formationen. (Tabelle)	7
5. Salze und Düngemittel	11
a) Steinsalz und Abraumsalze	11
b) Natronsalpeter, Phosphorite	12
6. Kohlen und Kohlenwasserstoffe	13
a) Steinkohle, Braunkohle, Anthrazit, Graphit (Kohlenvorräte)	13
b) Petroleum, Asphalt, Erdwachs	17
7. Erze	18
a) Allgemeines	18
b) Spezielles: Gold, Silber, Platin, Quecksilber, Kupfer, Blei, Zink, Eisen, Mangan, Chrom, Aluminium, Zinn, Wolfram, Nickel, Kobalt, Arsen, Antimon, Wismut, Uran, Thorium, Cer	21
8. Edelsteine: Diamant, Rubin und Saphir, Chrysoberyll, Beryll und Smaragd, Türkis, edler Opal	34
9. Weltproduktion, Wert der Weltproduktion	36

1. Aufbau der Erde und Erforschung der Gesteinskruste.

Die Erdkugel besitzt einen Durchmesser von rund 12700 *km*. In ihrem Inneren vermutet man einen metallreichen, besonders eisen- und nickelreichen Erdkern: die Metallosphäre. Diese wird von der Gesteinskruste (Lithosphäre) umhüllt, deren Dicke man nach Erdbebenbeobachtungen von Wiechert auf etwa 1500 *km*, also auf ein Viertel des Erdradius schätzt. Die Gesteinskruste ist lückenhaft von einer Wasserhülle, der Hydrosphäre, bedeckt. Und als äußerste Schale flutet um das Ganze die Atmosphäre.

Wenn man bedenkt, daß man durch natürliche Aufschlüsse (die Cañons des Coloradoflusses in Nordamerika), sowie durch Bergwerke und Bohrlöcher nur etwa 2 *km* tief in die 1500 *km* mächtige Gesteinskruste zu blicken vermag, so mahnt das sehr zur Bescheidenheit. Das spezifische Gewicht der Gesteinskruste beträgt 2,7, das der Gesamterde aber 5,6. Die Dichte der Metallosphäre schätzt man auf 8,5. Die Temperatur des Erdkörpers wächst in der Richtung auf sein Inneres zu, und zwar auf etwa 33 *m* um 1° Celsius (geothermische Tiefenstufe). Die Temperatur der Metallosphäre schätzt man auf 3000°. Die meisten Geologen halten sie für glutflüssig, andere glauben, daß sie durch den enormen Druck verfestigt sei und sich wie eine starre Stahlkugel verhalte.

Zur Erforschung der Gesteinskruste dienen drei Disziplinen: Mineralogie, Gesteinskunde = Petrographie und Geologie.

Die Mineralogie ist die Wissenschaft von den einzelnen Mineralindividuen, die sie in morphologischer, physikalischer, chemischer und genetischer Hinsicht untersucht. Die Systematik der Mineralien beruht auf chemischer Grund-

lage. Alle Mineralien sind entweder Elemente, d. h. chemisch nicht weiter zerlegbare Körper, wie Gold, Silber, Kupfer usw., oder Verbindungen, d. h. Vereinigungen von Elementen in bestimmtem quantitativem Verhältnis, wie Bleiglanz, Quarz, Kalkspat usw., oder aber Mischungen von Verbindungen, wie beispielsweise der Olivin, der eine Mischung von kieselsaurem Eisen und kieselsaurer Magnesia darstellt.

Von der großen Anzahl der Mineralien kommen aber nur sehr wenige so massenhaft vor, daß sie sich zu Gesteinen oder Felsen zusammenhäufen. Das Studium der letzteren betreibt die Gesteinskunde (Petrographie). Gesteine also sind Anhäufungen von Mineralien zu Komplexen, die wesentlich am Aufbau der Erdkruste beteiligt sind. Treten gleichartige Mineralindividuen zusammen, so entstehen einfache Gesteine (Kalksteine, Sandsteine), treten verschiedenartige Mineralindividuen zusammen, so entstehen zusammengesetzte Gesteine, wie z. B. der Granit (Quarz + Feldspat + Glimmer). Ihrer Entstehung nach teilt man die Gesteine in drei Gruppen: kristalline Schiefer, Sedimentgesteine und Eruptivgesteine. Die kristallinen Schiefer stellen im allgemeinen das älteste Gesteinskelett dar, in das sich die Sedimentgesteine aus Wasserabsatz einlagerten. Beide wurden von Eruptivgesteinen, d. h. glutflüssigen Massen, durchbrochen.

Die Geologie endlich deckt sich zunächst mit der Gesteinskunde. Sie wird aber durch den Hinzutritt der Paläontologie, der Wissenschaft von den Faunen und Floren innerhalb der Sedimentgesteine, weit umfangreicher.

In technischer Hinsicht sind nun entweder die Gesteine selbst verwertbar, oder aber man nutzt die innerhalb der Gesteine auftretenden Salze, Kohlen und Erze. Danach teilte v. Dechen die Lehre von den Bodenschätzen in vier Gruppen:

1. Salze, 2. brennliche Mineralien (Kohlen und Petroleum), 3. metallische Mineralien = Erze, 4. Steine und Erden.

An dieser Stelle soll nur von den drei ersten Gruppen die Rede sein. Aus Gruppe 4 seien nur die Edelsteine kurz erwähnt.

2. Die gesteinsbildenden Mineralien.

Die wichtigsten sind folgende:

Kalkspat Ca CO_3 hexagonal-rhomboedrisch, Härte 3, spez. Gew. 2,7, vorzügliche Spaltbarkeit nach einem Rhomboeder + R. Mit Säuren übergossen schon in der Kälte aufbrausend. Die derben Aggregate sind körnig (Marmor), stengelig, faserig oder dicht (Kalkstein), oder erdig (Schreibkreide).

Dolomit $\text{Ca CO}_3 + \text{Mg CO}_3$. Isomorph mit Kalkspat. Perlmutterglänzende, oft gewölbte Rhomboeder. Härte 4, Gew. 2,9. Braust mit Salzsäure erst beim Erwärmen.

Ton ist ein durch Beimengungen verunreinigter Kaolin $\text{H}^4 \text{Al}^3 \text{Si}^3 \text{O}^9$, welch letzterer ein Umwandlungs- oder Verwitterungsprodukt der Feldspate darstellt.

Quarz Si O_2 . Hexagonal-tetartoedrisch. Härte 7, Gew. 2,65. Ohne Spaltbarkeit, muscheliger Bruch, häufigstes Mineral.

Feldspate: a) Kalifeldspat = Orthoklas $\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$, pseudo-monoklin, Härte 6, Gew. 2,56. Spaltbarkeit nach Basis und Längsfläche.

b) Kalknatronfeldspathe = Plagioklase sind Mischungen aus Natronfeldspat (Albit) und Kalkfeldspat (Anorthit). Man unterscheidet nach dem Mischungsverhältnis: Oligoklas $\text{Ab}^4 \text{An}^1$, Andesin $\text{Ab}^3 \text{An}^2$, Labradorit $\text{Ab}^1 \text{An}^1$ und Bytownit $\text{Ab}^1 \text{An}^4$. Triklin. Typische Zwillingsstreifung auf der Basis, hervorgerufen durch Verwachsungen nach der Längsfläche.

Augite und Hornblenden kristallisieren je nach der chemischen Zusammensetzung rhombisch, monoklin, triklin. Die typischen Augite und Hornblenden sind Kalk-Magnesia-silikate mit Eisen und Tonerde. Sie sind infolge des Eisengehaltes schwarz gefärbt. Die typischen Augitkristalle und die typischen Hornblendekristalle kristallisieren monoklin.

Die Augite sind begrenzt von Querfläche, Längsfläche, Vertikalprisma und Pyramide. Sie spalten nach einem Vertikalprisma von 87° . Die Hornblendekristalle entbehren der Quer-

fläche, enthalten aber dafür die Basis, sie spalten nach einem Vertikalprisma von 124° . Härte 5—6, Gew. 3,1—3,3.

Glimmer (Kaliglimmer = Muskowit, Magnesia-Eisenglimmer = Biotit, Lithionglimmer = Lepidolith) sind Ton-erdesilikate, die Kali, Magnesia, Lithion, Eisen, auch Wasser und Fluor enthalten. Monoklin, pseudo-hexagonal. Vorzügliche Spaltbarkeit nach der Basis, Härte 2— $2\frac{1}{2}$.

Chlorite kristallographisch den Glimmern ähnlich, sie unterscheiden sich chemisch, indem sie stets frei von Alkalien sind. Härte 1—2. Die deutlichen Kristalle heißen Pennin und Klinkochlor, die feinschuppigen Aggregate Chlorit.

Talk $H^2 Mg^3 Si^4 O^{12}$. Härte 1, derbe körnige Massen.

Olivin $(Mg, Fe)^2 Si O^4$. Rhombisch. Gelbgrün, glasglänzend. Bruch meist uneben, Härte $6\frac{1}{2}$ —7, Gew. 3,4. Der durchsichtige Olivin heißt Peridot.

Serpentin $H^4 Mg^3 Si^2 O^9$. Meist dichte, grüne oder gelblichgrüne Massen. Härte 3—4, Gew. 2,7. Ist immer sekundäres Umwandlungsprodukt, entweder aus Olivin, oder aus Augit, bzw. Hornblende.

Leucit $K^2 Al^2 Si^4 O^{12}$. Kristalle von regulärer Form (Ikositetraeder). Härte $5\frac{1}{2}$ —6, Gew. 2,5.

Nephelin $Na^2 Al^3 Si^3 O^8$. Hexagonal, meist Prisma und Basis. Glasglänzend, eine fettglänzende Varietät heißt Eläolith. Härte 6, Gew. 2,6.

3. Die Gesteine und geologischen Formationen.

Man teilt die Gesteine in drei Gruppen:

1. Eruptivgesteine.
2. Sedimentgesteine.
3. Kristalline Schiefer.

1. Die **Eruptivgesteine** sind aus der Erdtiefe als feurigflüssige Massen (Magmen) emporgedrungen. Sie zerfallen

in Tiefengesteine mit körniger Struktur, wo also das heraufdringende Magma in der Erdkruste stecken geblieben ist, und in Oberflächen = Ergußgesteine mit entweder glasiger, oder porphyrischer Struktur (porphyrische Struktur: Kristalle eingesprenkt in einer amorphen Grundmasse), wo das Magma sich an der Erdoberfläche ergossen hat. Die Oberflächen-gesteine wiederum teilt man in ältere (vortertiäre) und jüngere (tertiäre und nachtertiäre) ein. Bei der Einteilung der Eruptiv-gesteine ist aber auch die mineralogische Zusammensetzung zu beachten, und in Kombination beider Gesichtspunkte kann man folgende Tabelle der wichtigsten Eruptivgesteine aufstellen:

	Kalifeldspat + Quarz	Kalifeldspat ohne Quarz	Kalknatronfeldspat + Glimmer, Hornblende oder Augit	Basischer (d. h. kalkreicher) Kalknatronfeldspat + Augit	Kein Feldspat, wesentlich Olivin
Tiefen- gesteine	Granit	Syenit	Diorit	Gabbro	Olivinfels = Peridotit
ältere Erguß- gesteine	Quarz- porphyr	Quarz- freier Porphyr	Porphyr	Melaphyr	
jüngere Erguß- gesteine	Liparit	Trachyt	Andesit	Basalt	

2. **Sedimentgesteine** sind Absätze aus Wasser. Ihr Charakteristikum ist die Schichtung. Die wichtigsten Sedimentgesteine sind Kalke (und Dolomite), Sandsteine und Schiefer. Mit Hilfe der Petrefakten ist es gelungen, folgende Gliederung der Sedimentgesteine vorzunehmen:

Geologische Formationen:

Neozoische Periode	}	Quartär	}	Alluvium
				Diluvium
		Tertiär		
Mesozoische Periode	}	Kreide		
		Jura		
		Trias	}	Keuper
				Muschelkalk
		Buntsandstein		
Paläozoische Periode	}	Dyas = Perm	}	Zechstein
				Rotliegendes
		Karbon	}	Produktives Karbon
				Kulm und Kohlenkalk
		Devon		
		Silur		
Kambrium				
		Präkambrium = algonkische Formation		

3. Die **kristallinen Schiefer** (geologisch die archaische = azoische Periode) sind Gesteine von noch zweifelhafter Entstehung. Man nimmt an, daß sie durch Umwandlung (Metamorphose) von Eruptiv- und Sedimentgesteinen entstanden sind. Es gehören hierher: Gneisse, Glimmerschiefer und Urtonschiefer (Phyllite). Häufig sind Einlagerungen von Kalken (Marmor), Quarziten und Hornblendegesteinen, sowie Durchbrüche von Tiefengesteinen: Graniten, Syeniten, Dioriten, Gabbros, Olivinfelsen, aus welchen letzteren vornehmlich Serpentine entstanden. Jedenfalls hat wohl bei der Bildung der kristallinen Schiefer der Gebirgsdruck wesentlich mitgespielt.

Die **Umbildung** der Gesteine erfolgte:

a) durch Einwirkung der Atmosphärien: Wasser, Sauerstoff, Kohlensäure;

b) durch Druck (Dynamometamorphose);

c) durch schmelzflüssige Massen (Kontaktmetamorphose).

4. Allgemeines über nutzbare Lagerstätten und deren Auftreten in den geologischen Formationen (Tabelle).

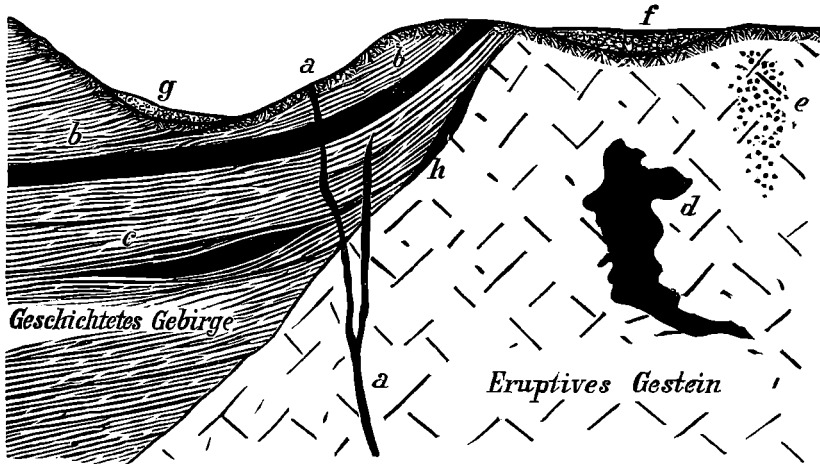
Die Bildung der Bodenschätze ist entweder organischen Ursprunges (Kohlen und Kohlenwasserstoffe), oder anorganischen Ursprunges (Salze und Erze). Nutzbare Lagerstätten, die sich gleichzeitig mit dem Nebengestein gebildet haben, heißen syngenetisch, solche, die sich später als das Nebengestein gebildet haben, epigenetisch. Kohlen und Salze sind syngenetisch, Erze entweder syngenetisch oder epigenetisch. Kohlen, Petroleum und Salze finden sich nur in Sedimentgesteinen, Erze in allen drei Gesteinsarten: in kristallinen Schiefen, Sedimentgesteinen und Eruptivgesteinen. Die Bildung der anorganischen Bodenschätze erfolgte entweder aus Dampfform (pneumatogen), oder aus Schmelzform (magmatogen), oder aus wässriger Form (hydatogen). Es gibt also pneumatogen-syngenetische, magmatogen-syngenetische und hydatogen-syngenetische, und andererseits pneumatogen-epigenetische, magmatogen-epigenetische und hydatogen-epigenetische Lagerstätten. Diese Einteilung spielt in der Erzlagerstättenlehre eine Rolle. Die Salzlager sind als hydatogen-syngenetisch zu bezeichnen. Lagerstätten, die durch Zerstörung und Wiederablagerung ursprünglicher Lagerstätten entstanden sind, heißen sekundäre = Seifenlagerstätten.

Die Form der Lagerstätten steht mit ihrer Bildungsweise in engstem Zusammenhange. Pneumatogene und magmatogene Lagerstätten sind unregelmäßig begrenzt (Stöcke, Nester, Imprägnationen), hydatogen-syngenetische sind regelmäßig begrenzt, d. h. plattenförmig (Flöze und Lager), hydatogen-epigenetische sind entweder plattenförmig (Erzgänge), oder unregelmäßig begrenzt (Erzstöcke). Man unterscheidet also der Form nach:

a) unregelmäßig begrenzte Lagerstätten: Stöcke, Nester, Nieren, unregelmäßig begrenzte Imprägnationen;

b) regelmäßig begrenzte = plattenförmige Lagerstätten:
Lager, lagerförmige Imprägnationen und Flöze einerseits,
Gänge andererseits.

Lager und Flöze sind dem Nebengestein gleichsinnig
(konkordant) eingeschaltet, Gänge durchschneiden das Neben-
gestein.



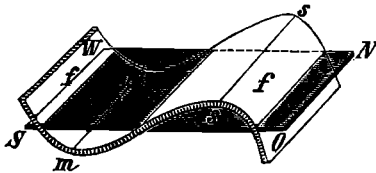
Lagerstätten nach Treptow.

a Gang, b Flöz, c Lager, d Stock, e Imprägnation, f oberflächliches Lager, g Seife,
h Kontaktlagerstätte.

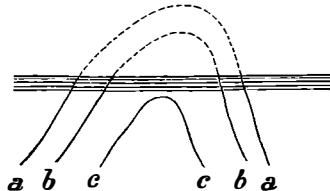
Man bestimmt die Lage der plattenförmigen Lagerstätten
im Raume durch Angabe ihres Falles und Streichens. Das
Fallen ist der Winkel, den die Lagerstätte gegen die Horizontal-
ebene bildet, das Streichen ist die Abweichung, welche die
Längserstreckung einer Lagerstätte gegen die Nord-Südrichtung
bildet. Die Dicke einer Lagerstätte nennt man ihre Mächtigkeit,
das darüberlagernde Gestein heißt das Hangende (Dach), das
unterlagernde heißt das Liegende (die Sohle). Die Ränder
eines Ganzes heißen Salbänder.

Die plattenförmigen Lagerstätten sind dreierlei Störungen
ausgesetzt: 1. Aufrichtungen (Überkipnungen), 2. Faltungen,
3. Zerreißen.

Die Faltungen führen zur Bildung von Sätteln (Antiklinalen) und Mulden (Synklinalen). Die Kombination von Sattel und Mulde heißt Falte.

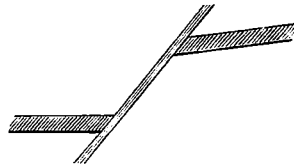


Modell einer Falte, als Kombination eines Sattels und einer Mulde nach Groddeck.

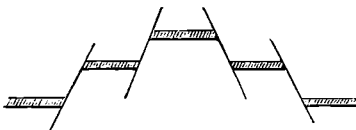


Luftsattel nach Köhler.

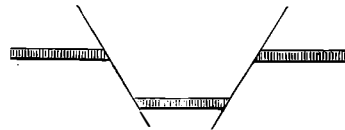
Die Zerreibungen führen zur Bildung von Verwerfungen, von Horsten und Grabenversenkungen.



Verwerfung nach Köhler.



Horst.



Grabenversenkung.

Anhang: Es folge nun eine **tabellarische Übersicht der nutzbaren Lagerstätten nach geologischen Formationen geordnet** (nach Krahnann, Zeitschrift für prakt. Geologie):

Alluvium und Diluvium: Torf und Diluvialkohlen, Salz, Eisenerze, Zinnstein, Edelmetalle und Edelsteine auf sekundärer (= Seifen) Lagerstätte.

Tertiär: Braun- und Pechkohle, Petroleum (Elsaß, Hannover, Rumänien, Kaukasus, Indien, Japan), Asphalt (Italien), Steinsalz (Karpathenländer), Eisenerze (Bohnerze), Phosphate; Gold- und Silbergänge in Andesiten (Ungarn und Nevada).

Kreide: Eisenerzlager (Peine, Salzgitter, Bilbao), Phosphorite (Frankreich, England, Podolien usw.), Kohle (Schlesien, am Deister, Osterwald, Obernkirchen, Borgloh usw.), Gänge von Asphalt.

Jura: Steinkohlen im Lias (Odermündung, Ungarn, Persien, China), Eisenerze in mehreren Niveaus (Aalen, Lothringen, Luxemburg, Cleveland), Asphalt im Malm.

Trias: Steinsalz im Buntsandstein und Muschelkalk (Südwestdeutschland, Ischl-Aussee, Hallstadt usw. in den Nordalpen), im Keuper (Lothringen, England), Knottenerze (Bleiglanz, Weißbleierz, Malachit) im Buntsandstein (Eifel), Eisenerz-, Bleiglanz- und Galmeilager im Muschelkalk (Oberschlesien, Wiesloch), Gänge von Erzen im Buntsandstein, Kohle und Erdöl (im Rät Argentinien).

Dyas: Steinsalz und Kalisalze, Kupfererze im Kupferschiefer und Weißliegenden, Kobalterzgänge (Thüringen, Spessart), Eisenerzlager (Thüringen, Spessart, Hügell) im Zechstein; Manganerze an die Eruptivgesteine des Rotliegenden geknüpft (Elgersburg, Ilfeld); Steinkohlen (bei Dresden, Manebach, Cusel, in Böhmen, China).

Karbon: Steinkohle, Eisenerz (Kohleneisenstein), Gänge von Bleiglanz (Harz, England), Zinkerze (Aachen), Asphalt (Neubraunschweig), Ölschiefer (Schottland), Steinsalz (Saginawdistrikt von Michigan); Zinnober (Italien, Spanien, Südrußland), Kieslager (im Kulm Südspaniens).

Devon: Lager von Roteisenstein und Phosphorit (Nassau), von Silber-, Quecksilber-, Kupfer-, Blei- und Zinkerzen (Rammelsberg, Almaden in Spanien usw.); Gänge von Spateisenstein (Müsen), Blei-, Silber-, Kupfer- und Zinnerzen (Cornwall); Petroleum (Pennsylvanien); Steinsalz in den baltischen Provinzen und in China.

Silur: Erzgänge (Blei, Zink und Silber in Neu-Südwaales, am oberen Mississippi), Roteisenerzlager (Böhmen und New York), Spateisenstein in den Nordostalpen (Eisenerz in Steiermark usw.), Anthrazitflöze in Schottland und Portugal, Steinsalz in New York (Onondagadistrikt) und Ontario.

Kambrium: Steinsalz in der Saltrange im Pandschab, Blei- und Silbererze (bei Příbram).

Präkambrium: Kupfer und Silber, eng verknüpft mit Melaphyrmandelstein (am Lake Superior), Magneteisenstein und Roteisenstein (Michigan).

Archaikum: Erze in linsenförmigen Einlagerungen (Magneteisen, Roteisenerz, Spateisenstein, Kupferkies, Rotzinkerz), in Fahlbändern (Kobalt-, Silber-, Kupfer-, Zinkerze), in Gängen (Silber-, Blei-, Zink-, Kupfererze usw.), fein verteilt (Gold) oder an die Eruptivgesteine geknüpft (Zinn). Graphit.

5. Salze und Düngemittel.

a) Steinsalz und Abraumsalze.

Steinsalz.

Na Cl. Enthält 60,6% Na und 39,4% Cl. Regulär, meist in Würfeln, spaltet vorzüglich nach dem Würfel. Sehr plastisch. Härte 2, Gew. 2,2. Farblos oder verschieden gefärbt. Ausgezeichnet wärmedurchlässig. Gelbfärbung der Flamme. Lösungsverhältnis zu Wasser = 1:2,8. Findet sich in (bis zu 1400 m) mächtigen Lagern innerhalb der Sedimentgesteine verschiedensten Alters. Es wird unterlagert von Gips, überlagert von einer Decke von Anhydrit, Gips oder Ton. Mancherorts, besonders in Norddeutschland, lagern über dem Steinsalz die kalireichen und darum für die Landwirtschaft wichtigen Abraumsalze. Die Bildung des Steinsalzes ist auf Verdunstung von Meereswasser innerhalb abflußloser Becken oder vom Ozean abgetrennter Meerbusen zurückzuführen. Für die Bildung ist ein Wüstenklima vorauszusetzen. Die Ausscheidung erfolgte nach Mengenverhältnis und Löslichkeit: zuunterst das schwer lösliche Kalziumsulfat als Gips, darauf das Chloratrium als Steinsalz, zuoberst die leichtest löslichen Kalisalze. Häufig sind tektonische Störungen, die besonders auf Faltungen zurückzuführen sind.

Vorkommen: Im Kambrium die Saltrange von Pandshab in Ostindien; im Silur der Onondagadistrikt im Staate New York und Ontario in Kanada; im Devon baltische Provinzen und China; im Karbon der Saginawdistrikt von Michigan; in der Dyas die russischen Gouvernements Perm und Jekaterinow, die deutschen Zechsteinsalze (Staßfurt). In der Trias die Vorkommen am Neckar und Kocher, die alpinen Salzlager (Ischl-Aussee, Hallein, Berchtesgaden), die Vorkommen von Lothringen und England (Nottingham, Derby, Stafford). — Jura und Kreide sind salzarm. Im Tertiär die Vorkommen von Louisiana, Cardona in Catalonien, Rumänien, Galizien (Wieliczka und Kalusz), Ungarn-Siebenbürgen und im Ober-Elsaß.

Die Weltproduktion an Salz betrug 1910 etwa 18 Millionen Tonnen.

Die Abraumsalze

sind Kali-Magnesiumverbindungen, die sich in 50—100 Meter mächtigen Ablagerungen über dem Zechsteinsalz Norddeutschlands finden; auch zu Kalusz in Galizien und im Ober-Elsaß treten sie auf.

Polyhalit $K^2 SO^4 \cdot Mg SO^4 \cdot 2 Ca SO^4 \cdot 2 H^2 O$.

Kieserit $Mg SO^4 \cdot H^2 O$.

Carnallit $K Cl \cdot Mg Cl^2 \cdot 6 H^2 O$.

Kainit $K Cl \cdot Mg SO^4 \cdot 3 H^2 O$.

Sylvinit = Steinsalz $Na Cl$ + Sylvin $K Cl$.

Schönit = $K^2 SO^4 \cdot Mg SO^4 \cdot 6 H^2 O$.

Hartsalz = Sylvin + Steinsalz + Kieserit.

Besonders hohen Wert haben Kainit, Hartsalz und Sylvinit.

In Deutschland wurden im Jahre 1912 11 Millionen Tonnen Kalisalze gefördert im Werte von 120 Millionen Mark.

b) Natronsalpeter, Phosphorite.

Natronsalpeter.

$Na NO^3$. Hexagonal-rhomboedrisch, isomorph mit Kalkspat. Härte 1,5; Gew. 2,1. Besonders in den regenlosen

Distrikten des nördlichen Chile: in den Provinzen Tarapaca und Antofagasta (Chilesalpeter), ferner in der Mohavewüste in Californien, auch in Oberägypten, sowie in Bolivia. 1912 wurden aus Chile 2,5 Millionen Tonnen ausgeführt.

Phosphorite = Phosphate

sind dichtkristalline, knollig oder lagenartig entwickelte Massen von chlor- und fluorhaltigem Kalkphosphat (Apatit). Härte 5, Gew. 3,2. In Deutschland die Lahnphosphorite im Devon, sonst besonders Estremadura in Spanien, an der Somme und Garonne in Frankreich (Kreideformation), in Algier und Tunis (tertiär), im Dnjestergebiet und namentlich in Florida und Südkarolina (tertiär). Der Sombrerit von der westindischen Insel Sombbrero.

Es produzierten 1908:

Vereinigten Staaten	2500000	Tonnen
Tunis und Algier	1752000	„
Frankreich und Belgien	684000	„
Ozeanien und Nauru-Inseln	300000	„

6. Kohlen und Kohlenwasserstoffe.

a) Steinkohle, Braunkohle, Anthrazit, Graphit (Kohlenvorräte).

Steinkohle.

Kohlenstoffgehalt 75—90 %. Durchschnittliche Zusammensetzung: 82% C, 13% O, 5% H, 0,8% N. Zeigt schwarzen Strich, gibt bei trockener Destillation Ammoniak. Färbt Ätzkali nicht braun. Ist zur Karbonzeit aus Sigillarien, Lepidodendren (Bärlappgewächsen), Calamiten (Schachtelhalmen) und Farnen entstanden. Selten in anderen Formationen, in Norddeutschland besonders in der unteren Kreide (Wealdenkohle). Heizwert 6000—8000 Kalorien. Flözmächtigkeit sehr wechselnd. Man unterscheidet nach dem Aussehen: Glanzkohle,

Mattkohle, Faserkohle; nach dem Verhalten bei der trockenen Destillation: Sandkohle (zerfällt in feinen Grus), Sinterkohle (sintert zusammen) und Backkohle (schmilzt und bläht sich auf); nach dem Verhalten bei der Verbrennung: Kohlen mit langer Flamme (sind gasreich, heißen Fettkohlen) und Kohlen mit kurzer Flamme (sind gasarm, heißen Magerkohlen).

Man unterscheidet paralische Steinkohlengebiete, wo die Einschwemmung mariner Organismen auf Meeresnähe deutet, und limnische Reviere, wo jegliches marine Gebilde fehlt. Zu dem ersteren Typus gehören die Reviere von England, Nordfrankreich, Belgien, von Aachen, das Ruhrkohlengebiet und das von Oberschlesien. Dem limnischen Typus gehören das linksrheinische Saarbrücker Revier und das niederschlesisch-böhmische Kohlenbecken an.

Vorkommen: 1. **Nordamerika**: im Osten in Pennsylvanien das Appalachische Feld, im Zentrum die Reviere von Michigan, Illinois, Indiana, Mississippi, im Westen das Missouri Revier.

2. **China**: In den Provinzen Schansi, Schensi, Schantung.

3. **England**: Im Süden South-Wales, im Zentrum der Insel das große Industrievier (Staffordshire, Lancashire, Yorkshire, Derbyshire), weiter nördlich das Gebiet von Newcastle-Cumberland, endlich das schottische Revier.

4. **Deutschland**: Die wichtigsten Gebiete sind das Ruhrrevier, Oberschlesien und das Saarrevier. Kleinere Steinkohlenvorkommen beutet man aus bei Ibbenbüren westlich und am Piesberge nördlich von Osnabrück, ferner im Plauenschen Grund bei Dresden und in der Gegend von Chemnitz-Zwickau. Aachen und Niederschlesien wurden bereits erwähnt.

5. **Frankreich**: Im Norden das Becken von Valenciennes, in Zentralfrankreich Autun, Creuzot, St. Etienne.

6. **Rußland**: im Westen das Revier von Dombrowa in Polen, im Zentrum das Moskauer Revier, im Süden das Donetzrevier, im Osten die uralischen und sibirischen Vorkommen.

7. **Belgien**: Das Revier von Mons, Charleroi, Namur.

8. **Österreich:** Die Vorkommen von Ostrau-Karwin, Schatzlar-Schwadowitz, und besonders Pilsen, Schlan und Kladno bei Prag.

9. **Sonstige Vorkommen:** Japan, Indien, die Gestade des Schwarzen Meeres (Heraclea), Australien, Südafrika.

Die **Weltproduktion** an Steinkohle betrug im Jahre 1913 (nach Oebbeke) 1350 Millionen Tonnen im Werte von 13 500 Millionen Mark. Hiervon lieferten:

die Vereinigten Staaten	517	Millionen	Tonnen.
Großbritannien und Irland	292	„	„
Deutschland	191	„	„
Frankreich	40	„	„
Rußland	31	„	„
Belgien	23	„	„
Österreich-Ungarn	16	„	„

Die Förderungsmenge Deutschlands betrug (nach Beyerschlag: Montanstatistik des Deutschen Reiches) im Jahre 1912 rund 175 Millionen Tonnen. Davon entfielen auf den niederrheinisch-westfälischen Bezirk 103 Millionen Tonnen, auf Oberschlesien 41 Millionen, auf den Saarbezirk 16 Millionen, auf Niederschlesien $5\frac{1}{2}$, auf Sachsen 5 Millionen, auf Aachen 3 Millionen Tonnen.

Braunkohle.

Kohlenstoffgehalt 55—75%. Durchschnittliche Zusammensetzung: 69% C, 25% O, 5,5% H, 0,8% N. Besitzt braunen Strich, bräunt Kalilauge beim Erwärmen, gibt als Destillationsprodukt kein Ammoniak. Ist aus tertiären Pflanzen: Laubbäumen, Nadelhölzern, Palmen, Cykadeen, Farnen entstanden. Heizwert 3000—6000 Kalorien. Flöze bis zu 30, ja vereinzelt bis zu 100 m Mächtigkeit.

Wichtigste Bezirke in Deutschland: die sächsisch-thüringische Bucht, der Lausitzer Bezirk, die Köln-Bonner Bucht und der Braunschweig-Magdeburger Bezirk. In Österreich besonders die Braunkohlenlager des nördlichen Böhmens: Aussig-Teplitz-Dux.

Im Jahre 1912 wurden in Österreich-Ungarn 35 Millionen Tonnen, in Deutschland 81 Millionen Tonnen Braunkohle gefördert.

Von der deutschen Förderung lieferte der thüringisch-sächsische Bezirk 28 Millionen Tonnen, die Lausitz 24 Millionen Tonnen, der nieder-rheinische Bezirk $17\frac{1}{2}$ Millionen Tonnen, der Braunschweig-Magdeburger Bezirk $7\frac{1}{2}$ Millionen Tonnen. Alle übrigen Bezirke förderten unter einer Million Tonnen.

Anthrazit.

Kohlenstoffgehalt 80—95 %. Durchschnittliche Zusammensetzung: 95 % C, 1,5 % O, 2,5 % H, Spur N. Metallisch glänzend, ausgezeichnet muscheliger Bruch. H. 2—2,5; G. 1,4.

Meist in engem Verbände mit Steinkohlen, besonders mit Magerkohle. Findet sich besonders dort, wo auf die Kohle Dynamometamorphose wirkte: in den Appalachen Pennsylvaniens.

Graphit.

Im wesentlichen reiner Kohlenstoff. H. 0,5—1; G. 2,25. Wurde früher ausschließlich als Endglied des Verkohlungsprozesses betrachtet. Indessen weist das berühmte gangförmige Vorkommen von Ceylon auf vulkanische Entstehung hin.

Technisch wichtig sind die Vorkommen von Passau in Bayern, im südlichen Böhmen, zu Irkutsk in Sibirien, zu Ticonderoga im Staate New York und besonders von Ceylon.

Kohlenvorräte der Erde.

Man schätzt die Kohlenvorräte (Anthrazit + Steinkohle + Braunkohle) der Erde folgendermaßen:

Amerika	5105	Milliarden	Tonnen
Asien	1279	"	"
Europa	784	"	"
Ozeanien	170	"	"
Afrika	57	"	"
Summa	7395	Milliarden	Tonnen.

Die Verteilung in Europa ist folgende:

Deutschland 423 Milliarden Tonnen (Westfalen 214, Oberschlesien 166),

Großbritannien und Irland 189 Milliarden Tonnen

Europäisches Rußland . . . 60 " "

Österreich-Ungarn 54 " "

(Österreich 53, Ungarn 1),

Frankreich 17 " "

Belgien 11 " "

Spanien 8 " "

Spitzbergen 8 " "

Niederlande 4 " "

Bosnien und Herzegowina 3 " "

b) Petroleum, Asphalt, Erdwachs.

Petroleum

ist ein Gemenge von verschiedenen Kohlenwasserstoffen. Es findet sich in Sedimentgesteinen verschiedenen Alters. Wichtig für seine Anreicherung sind tektonische Vorgänge: Zerklüftung und besonders Sattelbildung. Es ist organischen Ursprunges, hauptsächlich aus verwesenden tierischen Organismen entstanden.

Vor allem kommen die Vorkommen in verschiedenen Horizonten Nordamerikas, besonders von Pennsylvanien, in Betracht; auch Californien, Texas, Kansas, Illinois liefern große Mengen; in zweiter Linie die tertiären Vorkommen von Baku am Kaspischen Meere; die Ölhorizonte Galiziens (Boryslaw) und Rumäniens gehören der Kreide und besonders dem Tertiär an. Unbedeutend sind die deutschen Vorkommen (Pechelbronn im Elsaß, Ölheim bei Peine, Sehnde bei Hannover, Wietze bei Celle). Dagegen sind Sumatra, Java, Borneo und Vorderindien neuerdings bedeutende Produzenten.

Im Jahre 1907 produzierten:		Im Jahre 1910:
Die Vereinigten Staaten	22 150 000 Tonnen	27,9 Mill. Tonnen
Rußland mit Russ.-Asien	8 250 000 „	9,4 „ „
Galizien	1 180 000 „	1,8 „ „
Niederländisch-Indien .	1 180 000 „	1,2 „ „
Rumänien	1 130 000 „	1,4 „ „

Der Wert der Weltproduktion an Petroleum im Jahre 1913 belief sich (nach Oebbeke) auf 1965 Millionen, also auf nahezu 2 Milliarden Mark, kommt also gleich nach dem Werte der Weltproduktion von Kohle und Eisen.

Asphalt

ist ein Verharzungs- und Oxydationsprodukt des Petroleums. Zusammensetzung: 78% C, 9% H, 12% O, 1% N.

Meist lagerartig: am Toten Meer (Kreide), Trinidad und Venezuela. Auch Los Angeles in Californien und Ragusa in Sizilien sind zu nennen.

Erdwachs (Ozokerit)

schmilzt bei 60°, in Terpentin leicht löslich. Zusammensetzung: 86% C, 14% H. Hauptlagerstätten: Boryslaw und Truskawiec in Galizien in der miozänen Salzformation.

7. Erze.

a) Allgemeines.

Bezüglich der Bildung und Form der Erzlagerstätten muß auf das in Kapitel 4 Gesagte verwiesen werden.

Man hat zunächst die primären Vorkommen von den sekundären Seifenlagerstätten zu unterscheiden. Bei der Einteilung der primären ist einerseits die Art der Bildung (pneumatogen aus Dampfform, magmatogen aus Schmelzfluß, hydrotogen aus wässriger Lösung), andererseits die Beziehung zum Nebengestein (syngenetisch gleichzeitig mit dem Nebengestein,

epigenetisch später als das Nebengestein gebildet) ins Auge zu fassen. So ergibt sich folgende **Systematik der Erz-lagerstätten**:

I. Primäre Lagerstätten:

- A₁) pneumatogen-syngenetisch: primäre Zinnerze,
- A₂) pneumatogen-epigenetisch: Exhalationen = Kontaktlagerstätten,
- B₁) magmatogen-syngenetisch: magmatische Differentiationen,
- B₂) magmatogen-epigenetisch: Erzinjektionen,
- C₁) hydatogen-syngenetisch: sedimentäre Erzlager,
- C₂) hydatogen-epigenetisch: metasomatische Lagerstätten und Gänge.

II. Sekundäre Lagerstätten = Seifenlagerstätten.

Folgendes möge zur näheren Erläuterung dienen:

I. Primäre Lagerstätten.

A₁) **Pneumatogen-syngenetisch** sind die Zinnsteinvorkommen, die fast stets an Granite geknüpft sind. Häufige Begleiter des Zinnsteins sind die Wolframerze.

A₂) **Pneumatogen-epigenetisch**: Hierher gehört die Gruppe der Kontaktlagerstätten; es handelt sich um metallhaltige Dämpfe, die ein Eruptivgestein in das benachbarte Nebengestein entsandte, daher der Name Exhalationslagerstätten. Beispiele: Eisenerze des Banats (Südungarn), Eisenerze von Elba, Kupfererze von Mednorudiansk im Ural.

B₁) **Magmatogen-syngenetisch** sind Erzanhäufungen, metallische Zusammenballungen innerhalb eines Eruptivmagmas, die man als magmatische Differentiationen bezeichnet. Die Form ist naturgemäß unregelmäßig begrenzt, stockförmig. Es handelt sich um gediegene Metalle (Platin), oxydische Erze (Chrom Eisenstein und Magnetit) und sulfidische Erze (Magnetkies).

B₂) **Magmatogen-epigenetisch** sind metallhaltige Schmelzflüsse, die ein Eruptivgestein in das benachbarte Ge-

stein injizierte: Injektionslagerstätten. Form, ebenso wie bei den Exhalationen und magmatischen Differentiationen, unregelmäßig begrenzt. Beispiele: Magnetkiese von Bodenmais in Bayern, goldhaltige Arsenerze von Reichenstein in Schlesien.

C₁) Hydatogen-syngenetisch sind die sedimentären Erzlager. Man beschränkte diese Gruppe früher auf oxydische Eisen- und Manganerze, es ist aber sicher, daß auch eine große Anzahl von Schwefelverbindungen der Metalle (Kieslagerstätten) mit in diese Gruppe gehören, wie beispielsweise das berühmte Rammelsberger Erzlager am Harz. Dem rationalen Abbau der Erzlager gehört die Zukunft des Erzbergbaues.

C₂) Hydatogen-epigenetisch: Hierher gehören einerseits die metasomatischen Lagerstätten, andererseits die wichtigen Erzgänge. Die metasomatischen Lagerstätten sind Umwandlungen eines kalkigen Gesteines durch erzhaltige Lösungen zu Erz. Es findet eine Verdrängung des Kalkes (Dolomites) durch metallisches Material statt. Die Form ist stockförmig. Hierher gehören besonders Blei- und Zinkerze (Oberschlesien, Aachen, Raibl und Bleiberg in Kärnten), aber auch gewisse Eisenerzvorkommen (Alpen, Nordspanien). — Gänge sind Spaltenfüllungen durch Absätze aus wässriger Lösung. Ihre Form ist also plattenförmig. Sie können naturgemäß sowohl kristalline Schiefer, wie Sedimentgesteine, wie Eruptivgesteine durchsetzen. Die Herkunft der spaltenfüllenden Erzlösungen ist strittig. Sicher aber ist, daß gegenwärtig die Aszensionstheorie (aufsteigende heiße Quellen) gegenüber der Deszensionstheorie (herabrinnde Sickerwässer) in höchst übertriebener Weise betont wird.

II. Sekundäre Lagerstätten = Erzseifen

sind durch Zerstörung und Wiederablagerung primärer Vorkommen entstanden. Hierher gehören besonders Gold-, Platin-, Zinn- und Eisenseifen.

Die **Umbildung** der Erzlagerstätten erfolgte, ganz ebenso wie bei den Gesteinen,

1. durch Einwirkung der Atmosphärien: Wasser, Sauerstoff, Kohlensäure (Oxydationszone, Bildung des „eisernen Hutes“);

2. durch Druck (Dynamometamorphose);

3. durch Einwirkung eines Eruptivgesteines (Kontaktmetamorphose). In die Gruppe 3 gehören die kontaktmetamorphen Erzlagerstätten (z. B. Schmiedeberg in Schlesien), die natürlich von den obenerwähnten Kontaktlagerstätten scharf zu trennen sind.

b) Spezielles.

Gold.

Das wichtigste Golderz ist das Gold Au selber. Die Lagerstätten sind primär (Berggold) oder sekundär (Seifengold).

I. Berggold

a) gangförmig

1. in kristallinen und paläozoischen Schiefen: die Goldquarzgänge Australiens und Californiens. Auch in Graniten: zu Beresowsk am Ural;

2. sehr silberreich in jüngeren Eruptivgesteinen, die dem Andesit nahestehen: die ungarisch-siebenbürgischen Vorkommen, der Comstockgang in Nevada;

b) als lagerartige Imprägnation

1. in kristallinen Schiefen, besonders als linsenförmige sogenannte Goldquarzlager: atlantische Staaten Nordamerikas, Brasilien, Zell im Zillertal;

2. in paläozoischen Sandsteinen und Konglomeraten: das Vorkommen vom Witwatersrand in Transvaal.

II. Seifengold.

Im Sande der heutigen Flüsse, aber auch in älteren Flußschottern: Californien, Australien, Ural und Sibirien, Britisch-Indien, Alaska.

Vorkommen:

1. In Transvaal wurde 1884 das Vorkommen vom Witwatersrand entdeckt.

2. In Nordamerika besonders Californien (der Mother Lode), Nevada (der Comstock Lode), Cripple Creek in Colorado (1892), Alaska (die Seifen im Gebiete des Klondike 1896).

3. In Australien besonders Victoria, Neusüdwaes und Queensland, sowie Neuseeland. Späterhin auch Westaustralien (Coolgardie und Murchison).

4. In Rußland die uralischen und sibirischen Seifen.

5. In Europa ist nur noch Ungarn-Siebenbürgen (Schemnitz, Kremnitz) als Goldland zu bezeichnen. Das Vorkommen ist analog dem von Nevada.

Die wichtigsten Goldproduzenten der Erde waren im Jahre 1910 folgende:

Transvaal	235.000 kg
Vereinigte Staaten	144.500 "
Australien	98.300 "
Rußland	60.500 "
Mexiko	36.200 "
Rhodesien	19.000 "

Silber.

Die wichtigsten Silbererze sind gediegen Silber Ag, ferner Silberglanz Ag^2S und die Rotgülden ($\text{As S}^3\text{Ag}^3$ und $\text{Sb S}^3\text{Ag}^3$).

Nicht auf sekundärer Lagerstätte. Entweder mit Gold, oder aber mit Bleierzen verknüpft. Sehr häufig gangförmig, aber auch lagerförmig, wie zu Brokenhill in Australien.

1. Mexiko: gangförmig an tertiäre Eruptivgesteine geknüpft: zu Pachuca, Zacatecas und Guanajuato.

2. Vereinigte Staaten und Kanada: besonders in Nevada (Comstock Lode), Colorado und Idaho; in Kanada die Kobalt-Silbergänge bei Cobalt in Ontario.

3. A u s t r a l i e n : hier das berühmte Blei-, Zink-, Silberlager in den kristallinen Schiefen von Brokenhill in Neusüdwaes.

4. Südamerika: gangförmig, besonders in Peru (zu Pasco) und in Bolivia (bei Oruro und Potosi).

Die altberühmten Silberdistrikte Mitteleuropas: Harz (Andreasberg, Klausthal), Erzgebirge (Freiberg, Joachimsthal) und Böhmen (Příbram) haben, ebenso wie die von Kongsberg in Norwegen, an Bedeutung stark eingebüßt.

Auffallend silberarm sind Afrika und Asien.

Es produzierten im Jahre 1910:

Mexiko	2 260 000	kg	Silber	
Vereinigte Staaten	1 760 000	"	"	
Kanada	1 000 000	"	"	
Australien	450 000	"	"	
Bolivien	218 000	"	"	
Peru	200 000	"	"	
Deutschland	420 000	"	"	} fast ausschließlich aus importierten Erzen.
Belgien	265 000	"	"	

Platin.

Das technisch allein in Betracht kommende Erz ist das Platin Pt selber. Die Primärvorkommen bilden magmatische Differentiationen in Peridotiten. Viel wichtiger aber sind Platinsseifen besonders im Ural zu Nischne-Tagilsk, dann auch in der Provinz Chocó in Columbien. Californien, Brasilien, Borneo, Domingo und Australien liefern sehr geringe Mengen.

Im Jahre 1909 lieferte

der Ural	6000	kg	Platin
Columbia	180	"	"

Quecksilber.

Das wichtigste Quecksilbererz ist der Zinnober HgS. Seine Lagerstätten sind stets epigenetisch, teils Imprägnationen, teils Gänge, teils in Sedimentgesteinen, teils in Eruptivgesteinen.

Wichtigste Vorkommen:

1. Almaden im südlichen Spanien in silurischen und devonischen Sandsteinen.

2. Monte Amiata in Toskana in tertiären Tonen, Kalken und Trachyten.

3. Vereinigte Staaten: a) die kalifornischen Vorkommen von Sulphur Bank, Great Western, New Almaden, New Idria; es handelt sich hier um Serpentine, Trachyte und Basalte, die mit Schichten der Kreide- und Tertiärformation verknüpft sind; b) Terlinguadistrikt in Texas: Kreidesedimente mit tertiären Eruptivgesteinen.

4. Idria in Krain in triassischen Tonschiefern und Dolomiten.

Unbedeutend sind die Vorkommen von Nikitowka in Rußland (karbonisch) und vom Avalaberg bei Belgrad.

Genetisch interessant sind die Vorkommen von Sulphur Bank in Californien und der Steamboot Springs in Nevada, weil sich an ihnen die Bildung des Zinnobers aus Thermalwässern beobachten läßt. Hier dürfte die Aszensionstheorie gelten.

Die Quecksilberproduktion betrug 1909:

Spanien	1393	Tonnen
Italien	771	„
Vereinigte Staaten	713	„
Österreich	637	„
Mexiko	200	„
Ungarn	80	„
Rußland	49	„ .

Kupfer.

Erze: 1. Gediogenes Kupfer Cu ; 2. Sulfidische Erze: Kupferglanz Cu^2S , Kupferkies CuFeS_2 , Buntkupfererz Cu^3FeS_3 , Kupferfahlerz Cu^3SbS_3 ; 3. Oxydische Erze: Rotkupfererz (Cuprit) Cu^2O , Malachit $\text{CuCO}_3 + \text{Cu(OH)}_2$ und Kupferlasur $2\text{CuCO}_3 + \text{Cu(OH)}_2$.

Die Lagerstätten des Kupfers und seiner Erze gehören zu den Gängen, den sedimentären Erzlagern (bzw. lagerförmigen Imprägnationen), oder zu den Kontaktlagerstätten, auch zu den metasomatischen Lagerstätten.

Vorkommen: 1. Vereinigte Staaten: am Oberen See im Staate Michigan (gangförmig in Melaphyren), zu Butte

in Montana (Gänge in Granit), ferner die Copper Mountains in Arizona (Kontaktlagerstätte).

2. Mexiko: im Nordwestwinkel zu Cananea im Staate Sonora (Kontaktlagerstätte). Ferner die Lager von Boleo in Niedercalifornien.

3. Spanien-Portugal: hier das berühmte Kieslager von Rio Tinto in der Provinz Huelva innerhalb der Kulmformation, das aller Wahrscheinlichkeit nach syngenetisch ist.

4. Japan: das Ganggebiet von Aschio nördlich von Tokio, sowie das Vorkommen von Besschi auf Schikoku.

5. Australien: in Neusüdwaies die Copper-Mine, in Queensland die Peak-Mine, in Südaustralien die Burra-Burra-Mine, die Wallaroo-Mine und die Moonta-Mine.

6. Chile: in der Küstenkordillere bei Cerro de Tomaya und in der Wüste Atakama. Mit den chilenischen hängen die peruanischen Vorkommen zusammen.

7. Deutschland: das devonische Erzlager des Rammelsberges bei Goslar und die lagerförmigen Imprägnationen im Zechstein des Mansfelder Kupferschiefers, beide wahrscheinlich syngenetisch.

8. Rußland: die analogen permischen Kupfersandsteine in den Gouvernements Perm, Jekaterinburg, Ufa und Orenburg, ferner die Malachitgruben von Mednorudjansk im Ural (Kontaktlagerstätte).

9. Afrika: die Vorkommen von Otavi (Deutsch-Südwestafrika) und von Katanga (belg. Kongo), beide metasomatisch.

Die Kupferproduktion betrug 1910:

Vereinigte Staaten	493 000	Tonnen
Mexiko	60 000	"
Spanien und Portugal	51 000	"
Japan	47 000	"
Australien	41 000	"
Chile	26 000	"
Deutschland	25 000	"
Rußland	23 000	"
Peru	19 000	"

Blei und Zink.

Das wichtigste Bleierz ist der Bleiglanz PbS , die wichtigsten Zinkerze sind die Zinkblende ZnS und der Galmei $ZnCO_3$.

Lagerstätten: 1. als lagerförmige Imprägnation, wie die Bleierze im Buntsandstein von Commern und Mechernich in der Eifel; 2. gangförmig; 3. der wichtigste Fall: als stockförmige metasomatische Verdrängung, hierher gehören die bedeutendsten Lagerstätten Europas und Nordamerikas.

Vorkommen:

1. Vereinigte Staaten: Im mittleren Teile des Landes der Galenadistrikt am oberen Mississippi in den Staaten Wisconsin, Jowa und Illinois, und südlich davon der Missouriistrikt in den Staaten Missouri, Kansas, Arkansas, Indian Territory. Im Westen des Landes die Lagerstätten von Leadville in Colorado, von Eureka in Nevada (sämtlich metasomatisch).

2. Spanien: Linares südlich der Sierra Morena (gangförmig), Picos de Europa in Nordspanien (metasomatisch).

3. Deutschland-Österreich: Die metasomatischen Lagerstätten von Altenberg bei Aachen (die vieille montagne) im Karbon, Beuthen-Tarnowitz in Oberschlesien, Raibl-Bleiberg in Kärnten, letztere beiden der Trias angehörig. Ferner die Ganggebiete im Devon des rheinischen Schiefergebirges (Holzappel und Ems), im Harz (Clausthal, Andreasberg), im Erzgebirge (Freiberg) und im Cambrium bei Příbram.

4. Mexiko: Die Lagerstätten von Mapimi (metasomatisch).

5. Australien: Das gewaltige Blei-Zinkerzlager von Brokenhill.

Ferner seien noch erwähnt die englischen Vorkommen (Derbyshire und Cumberland), die Vorkommen vom Monte Ponì auf Sardinien (Bleierze) und von Laurion in Attika (Galmei). Oxydische Zinkerze finden sich zu Franklin Furnace und Sterling Hill im Staate New Jersey.

Es produzierten im Jahre 1910 (nach Angaben der Metallgesellschaft Frankfurt a. M.):

	Blei	Zink
Vereinigte Staaten . .	372 000 Tonnen	251 000 Tonnen
Spanien	192 000 "	6 600 "
Deutschland	158 000 "	228 000 "
Mexiko	126 000 "	—
Belgien	40 000 "	173 000 "
Australien	99 000 "	—
England	31 000 "	63 000 "
Holland	— "	21 000 "
Frankreich	21 000 "	51 500 "
Österreich-Ungarn . .	17 500 "	13 000 "

Eisen.

Die wichtigsten Eisenerze sind: Magnetit Fe^3O^4 , Rot-eisenerz = Eisenglanz Fe^2O^3 , Brauneisenerz $\text{Fe}^2\text{O}^3 + \text{aqu.}$, Spateisenstein FeCO^3 .

Lagerstätten:

1. Kontaktlagerstätten: Die Magnetite des Banats in Südungarn, des Urals (Wissokaja Gora, Gora Blagodat), die Eisenglanze von Elba.

2. Magmatische Differentiationen: Die großartigen Vorkommen im nördlichen Schweden (Kirunavaara, Luossavaara).

3. Der wichtigste Fall: Sedimentäre Erzlager innerhalb der kristallinen Schiefer oder der Sedimentgesteine, entweder im ursprünglichen Zustande, oder aber dynamometamorph oder kontaktmetamorph verändert. Hierher gehören die bei weitem meisten Vorkommen der Erde.

4. Stockförmige metasomatische Verdrängungen: Hierher rechnet man beispielsweise Bilbao in Spanien und den Erzberg in Steiermark, auch Amberg in Bayern, Oberschlesien.

5. Gangfüllungen: Die Spateisensteingänge im Devon des Siegerlandes (Müsen) und die von Kotterbach in der Zips.

6. Eisenseifen: Die Brauneisenerzseifen in der Kreide von Peine in Hannover und von Salzgitter am Harz.

Vorkommen:

1. Vereinigte Staaten: Die wichtigsten Vorkommen liegen im Präcambrium südlich des Oberen Sees in den Staaten Wisconsin und Minnesota. Im Osten der Union die Erze in den Staaten New York, Pennsylvania, Alabama.

2. Deutsches Reich: Am wichtigsten die jurassischen Brauneisenerzlager (Minetten) von Luxemburg-Lothringen, welche 67,4% des Vorrates ausmachen; in weitem Abstände hiervon die Rot- und Brauneisensteine im Lahn- und Dillgebiete; die Rot- und Spateisensteingänge des Siegerlandes, die Vorkommen von Ilsede und des Thüringer Waldes. Weiterhin die Bezirke von Salzgitter, die Vorkommen des Harzes, die Liaserze Nordwestdeutschlands, die Erze des Wesergebirges und des Teutoburger Waldes, die Raseneisenerze Nord- und Mitteldeutschlands, die schlesischen Brauneisenerze. Ferner die Vorkommen von Bayern (Amberg und Hollfeld) und von Württemberg (Wasseralfingen).

3. Großbritannien und Irland: Die Kohleneisensteine in den verschiedenen Kohlenrevieren, die Roteisensteine von Cumberland und Lancashire, die jurassischen Ton-eisensteine in Cleveland (Cleveland-ore).

4. Frankreich: hat starken Anteil an der Minette Lothringens im Departement Meurthe-et-Moselle (Nancy, Longwy, Briey).

5. Spanien: Besonders die metasomatischen Eisenerze in der Kreide von Bilbao am Golf von Biscaya.

6. Rußland: Die Lager von Kriwoi-Rog im Süden nahe dem Donetz-Steinkohlenbecken; ferner die Kontaktlagerstätten im Ural (Wissokaja Gora, Gora Blagodat).

7. Schweden: Im Norden (Lappland) die magmatischen Differentiationen von Kirunavaara, Luossavaara, Gellivaara;

im mittleren Schweden die Erzlager bei Grängesberg, Dannemora in kristallinen Schiefen.

8. Österreich-Ungarn: Die großen Eisensteinlager im Silur von Nučič bei Prag, sowie das großartige Lager des Erzberges bei Eisenerz in Steiermark (Spateisenstein). Ferner die Erzlager von Hüttenberg in Kärnten. In Ungarn die Gänge von Kotterbach im Zipser Komitat, die Eisenerzlager bei Gyalár im Hunyader Komitat.

9. Algier: Das große Magnetitlager von Mokta-el-Hadid.

Produktion und Vorräte:

Produktion: Es produzierten (nach Beyschlag-Krusch-Vogt, Lagerst. nutz. Min., II, p. 573) im Jahre 1910 in Millionen Tonnen:

	Eisenerz	Roheisen
Vereinigte Staaten	53,27	27,64
Deutschland	28,71	14,79
Großbritannien	15,47	10,38
Frankreich	14,61	4,03
Spanien	8,67	0,37
Rußland	5,70	2,74
Schweden	5,55	0,60
Österreich }	2,63	1,50
Ungarn }	1,91	0,50
Algier	1,06	—
Belgien	0,12	1,80.

Von der Roheisenerzeugung Deutschlands von 14 Millionen Tonnen im Jahre 1914 stehen (nach Beyschlag: Montanstat. des Deutschen Reiches, p. 461) Rheinland-Westfalen mit über 6 $\frac{1}{2}$ Millionen Tonnen, sowie Lothringen-Luxemburg mit über 4 Millionen Tonnen an der Spitze; es folgen das Saargebiet 955.000 Tonnen, Schlesien 854.000 Tonnen, Siegerland 702.000 Tonnen, Mitteldeutschland 417.000 Tonnen, Norddeutschland (Küstenwerke) 317.000 Tonnen, Süddeutschland und Thüringen 266.000 Tonnen.

Vorräte. Die Eisenerz-, bzw. Eisenvorräte der eisenreichsten Länder der Erde betragen in Milliarden Tonnen (l. c. p. 448):

	Erz	Eisen
Vereinigte Staaten	4,26	2,30
Neufundland	3,63	1,96
Deutschland	3,61	1,27
Frankreich	3,3	1,14
Kuba	1,90	0,85
Schweden	1,16	0,74
Großbritannien	1,30	0,45.

An dem deutschen Eisenerzvorrat von 3,6—3,9 Milliarden Tonnen sind beteiligt: Lothringen-Luxemburg mit 67,4%, Preußen und benachbarte kleinere Bundesstaaten mit 24,8%, Bayern mit 4,6%, Württemberg mit 2,8% und Hessen mit 0,39% (l. c. p. 446).

Mangan.

Die wichtigsten Manganerze sind: Braunstein=Pyrolusit MnO_2 , Braunit Mn_2O_3 , Manganit $Mn_2O_3 + H_2O$, Hausmannit Mn_3O_4 und Manganspat $MnCO_3$.

Die Lagerstätten sind häufig vergesellschaftet mit Eisenerzlagerstätten und ihnen analog. Am wichtigsten sind sedimentäre Erzlager, seltener metasomatische Verdrängungen (Wetzlar und Lindener Mark bei Gießen) und Gänge (Ilfeld am Harz und in Porphyriten Thüringens).

Die Hauptländer sind Ostindien, Rußland und Brasilien. In Rußland die tertiären Lager von Tschiaturi in Transkaukasien, in Brasilien die Lager von Miguel Burnier in kristallinen Schiefen. Es produzierten im Jahre 1909 an Manganerzen:

Ostindien	652 958	Tonnen
Rußland	574 938	„
Brasilien	240 774	„

Chrom.

Das einzig technisch in Betracht kommende Erz ist der Chromeisenstein $FeO + Cr_2O_3$. Alle Chromeisenerzvorkommen

der Erde sind an Serpentine gebunden, aus dessen Muttergestein sie sich durch magmatische Differentiation gebildet haben, daher auch ihre Beziehung zu Nickel- und Platinlagerstätten. Die Hauptförderung hat Neukaledonien, dann Kleinasien (Harmandschyk, Brussa, Smyrna), weiterhin Kanada. Die Vorkommen von Kraubath in Steiermark und vom Zobten in Schlesien sind unbedeutend. Wichtiger sind Neuseeland und Euböa.

Neukaledonien führte im Jahre 1908 47 000 Tonnen Chromeisenerz aus. Es produzierten 1910:

Neukaledonien	60 000	Tonnen
die Türkei	25 000	„
Indien	18 000	„
Kanada	10 000	„

Aluminium.

Neben dem grönländischen Kryolith $3 \text{ Na F} + \text{Al F}^3$ ist der Beauzit $\text{Al}^2 \text{O}^3 + \text{aqu.}$ das wichtigste Aluminiumerz. Letzterer findet sich bei Beauz unweit Arles in Südfrankreich, ferner in Nordamerika in den Staaten Georgia, Alabama, Arkansas.

Es produzierten 1910:

Die Vereinigten Staaten	150 000	Tonnen	Beauzit
Frankreich	130 000	„	„

Zinn.

Das einzige Zinnerz ist der Zinnstein Sn O^2 .

Lagerstätten:

- a) primäre: an saure Eruptivgesteine geknüpft, an Granite (Erzgebirge und Cornwall), oder an Quarztrachyte (Bolivia). Ursprünglich pneumatogen-syngenetisch;
- b) sekundär als Seifenzinn, die wichtigsten Lagerstätten der Erde: Hinterindien, Australien, Tasmanien. Am wichtigsten die Seifen von Malakka, von Bangka und Billiton und von Tasmania.

Die Zinnproduktion betrug 1910:

Malayische Staaten (Straits) . . .	57 000	Tonnen
Bangka-Billiton	14 500	"
Bolivien	19 000	"
England	6 000	"
Australien	5 000	"

Wolfram.

Die wichtigsten Wolframerze sind Wolframit (Fe, Mn) WO⁴ und Scheelit Ca WO⁴. Die Wolframerze sind charakteristische Begleiter der Zinnerze. Sie treten in Spanien, Portugal, Sachsen, Brasilien, Australien und Argentinien auf. Die Wolframitproduktion der Erde betrug 1909 ca. 5000 Tonnen.

Nickel.

Die wichtigsten Nickelerze sind Rotnickelkies Ni As, Garnierit (Mg, Ni) Si O³ + n H² O und nickelhaltiger Magnetkies. Der Rotnickelkies tritt gangförmig in den kristallinen Schiefen des Erzgebirges und im Mansfelder Kupferschiefer auf. Garnierit und nickelhaltiger Magnetkies gehören ihrer ursprünglichen Bildung nach zu den magmatischen Differentiationen in basischen Eruptivgesteinen. Der Garnierit findet sich gangförmig in den Serpentin von Neukaledonien, auch analog zu Frankenstein in Schlesien und zu Riddles in Oregon.

Das großartigste Vorkommen des nickelhaltigen Magnetkieses ist Sudbury (Provinz Ontario) in Kanada. Analog sind Norwegen, Varallo in Piemont.

Neukaledonien lieferte 1910 über 115 000 Tonnen Garnierit mit etwa 6½% Nickel. Die Nickelproduktion Kanadas belief sich 1910 auf rund 17 000 Tonnen.

Kobalt.

Kobalterze: Kobaltglanz Co As S, Speiskobalt Co As² und Asbolan = Kobalt-Manganerz.

Vorkommen:

1. lagerförmige Imprägnationen in den Fahlbändern Norwegens;
2. gangförmig.
 - a) Silber-Kobaltgänge: Schneeberg in Sachsen, Temiskaming in Kanada;
 - b) Nickel-Kobaltgänge (Kobaltrücken im Kupferschiefer);
 - c) Mangan-Kobalt = Asbolangänge in Neukaledonien.

Die Hauptproduktionsländer sind Neukaledonien und Kanada.

Arsen.

Die wichtigsten Erze sind gediegen Arsen As , Arsenkies $Fe As S$ und Arsenikalkies $Fe As^2$.

Arsen und Arsenerze finden sich entweder gangförmig meist zusammen mit Silber- oder Kobalterzen, wie im Erzgebirge und am Harz, oder aber als magmatische Injektion, wie zu Reichenstein in Schlesien. Es handelt sich dort um arsenerzhaltige Serpentine, deren Muttergestein in benachbarte Kalke und Dolomite eindrang.

Reichenstein ist das größte Arsenerzvorkommen der Erde.

Antimon.

Das wichtigste Erz ist der Antimonglanz $Sb^3 S^3$.

Lagerstätten meist Gänge, seltener metasomatische Verdrängungen.

Wirtschaftlich wichtig sind: Ungarn (Magurka, Kremnitz, Felsöbanya), Serbien (Kostaïnik), die Auvergne, Toskana (Pereta), Korsika und Sardinien, Portugal (Oporto), Algier, Kleinasien, Borneo, Japan (Ichinokawa) und besonders China (Provinzen Jünnan und Kiangsi).

Die bedeutendsten Lieferanten sind Frankreich und Algier.

Wismut.

Erze: gediegen Wismut Bi und Wismutglanz $Bi^2 S^3$. Lagerstätten gangförmig, entweder mit Silber-Kobalterzen (Erz-

gebirge), oder besonders auf Zinn-Silbergängen, wie zu Tasna und Chorolque in Bolivia.

Bolivia produzierte 1910 97 000 kg Wismut.

Uran.

Uranpecherz von unsicherer Zusammensetzung, etwa $U^3 O^4$, aber mit erheblichem Bleigehalt. Gewöhnlich thoriumhaltig, oft mit Metallen der Lanthangruppe. Bemerkenswert der Gehalt an Stickstoff, Helium, Radium.

Entweder als Primärgemengteil von Graniten, wie in Schweden-Norwegen, Connecticut, Karolina, Texas, oder gangförmig zusammen mit Silbererzen (Joachimsthal in Böhmen, Gilpin-County in Colorado), oder mit Zinnerzen (Redruth in Cornwall).

Für die Radiumgewinnung sind Joachimsthal, Redruth und Gilpin-County wichtig.

Thorium und Cer.

Erze: Monazit (Ce, La, Di) PO^4 mit Th und Thorit (Orangit) $Th Si O^4$ (aqua).

Technisch bedeutsam ist nur der Monazit, der sich minimal als Primärbestandteil von Graniten, vor allem aber auf Seifenlagerstätten findet.

Hauptsächlich in Brasilien (Bahia, Minas Geraes), in Nord- und Südkarolina und vom Rio Chico in Columbien. Auch im Ural am Flusse Sanarka.

8. Edelsteine.

Diamant.

Reiner Kohlenstoff C. Regulär-tetraedrisch. Spaltbar nach dem Oktaeder. Gew. 3,5—3,2; Härte 10. Hoher Glanz, starke Lichtbrechung.

Vorkommen:

1. auf Seifenlagerstätten (früher Ostindien, später Deutsch-Süd-West-Afrika); 2. in kristallinen Schiefen (seit 1727 Diamantino in Brasilien); 3. als Primärbestandteil in Serpentinbreccien (seit 1867 Kimberley in Südafrika). Die jährliche Produktion von Deutsch-Südwest beträgt 8—900 000 Karat; die Kapkolonie liefert 3 000 000, Brasilien 60 000 Karat.

Korund (Rubin und Sapphir).

$Al^2 O^3$, reine Tonerde. Hexagonal-rhomboedrisch. Der Korund von verschiedener Färbung, der Rubin rot, der Sapphir blau. Härte 9; Gew. 3,9—4. Rubin und Sapphir finden sich besonders auf Seifen in Ostasien: Hindostan, Madras, Ceylon, China, Birma, Siam.

Chrysoberyll (Alexandrit).

$Be O + Al^2 O^3$. Rhombisch, oft pseudohexagonale Drillinge. Grün gefärbt. Härte 8,5; Gew. 3,66. Besonders an der Takowaja am Ural (Alexandrit) und zu Haddam in Connecticut, ferner auf Edelsteinseifen von Brasilien und Ceylon.

Beryll und Smaragd.

$Be^3 Al^2 Si^6 O^{18}$. Hexagonal. Härte 7,5; Gew. 2,7. Spaltbar nach der Basis. Man unterscheidet: gemeinen Beryll, den meergrünen Aquamarin und den grasgrünen Smaragd. Letzterer besonders zu Muzo in Columbia und an der Takowaja am Ural.

Türkis.

Wasserhaltiges Tonerdephosphat. Derb, himmelblau bis grün. Besonders von Nischapur in Persien. Auch von Turkestan, der Kirgisensteppes, Arizona, Santa Fé in Neumexiko.

Edler Opal.

Wasserhaltige Kieselsäure. Amorph, traubig, nierenförmig. Lebhaftes buntes Farbenspiel. Härte 5,5—6; Gew. 2,2. Im Tokai-Eperieser Gebiet in Ungarn und von Australien (Queensland und Neu-Südwaless).

9. Weltproduktion, Wert der Weltproduktion.

Die Weltproduktion betrug im Jahre 1910 (vgl. „Glückauf“ 1912, p. 2078):

Kohle	1 164 020 000	Tonnen
Eisen	64 055 000	„
Blei	1 060 000	„
Kupfer	932 000	„
Zink	925 000	„
Zinn	117 000	„
Salz	17 753 000	„
Petroleum	43 456 000	„
Feinsilber	6 744 158	kg
Feingold	693 376	„ .

Die Weltproduktion einzelner Metalle betrug im Jahre 1913 (nach Angaben der Metallgesellschaft Frankfurt a. M.):

Aluminium	68 200	Tonnen
Blei	1 186 700	„
Kupfer	1 002 300	„
Nickel	30 000	„
Quecksilber	4 200	„
Silber	6 976,8	Tonnen
Zink	997 900	„
Zinn	128 900	„ .

Den Wert der jährlichen Weltproduktion schätzt Oebbeke („Die volkswirtschaftliche Bedeutung der mineralischen Bodenschätze“, 1915) folgendermaßen:

Kohle	13 500 000 000	Mark
Eisen	4 400 000 000	"
Erdöl	1 965 000 000	"
Gold	1 898 000 000	"
Kupfer	1 498 300 000	"
Diamanten und sonstige Edelst. }	. 850 000 000	"
Silber	559 500 000	"
Zinn	518 400 000	"
Zink	514 600 000	"
Blei	425 400 000	"
Salze	250 000 000	"
Diverse Metalle . . .	100 000 000	"
Nickel	92 600 000	"
Aluminium	91 600 000	"
Quecksilber	19 750 000	"
Summa	26 683 150 000,	also rund

26 Milliarden Mark.

Man ersieht hieraus, daß nicht Gold und Diamanten, sondern Kohle, Eisen, Petroleum den Hauptwert repräsentieren.