

Verwendung und Verbreitung mineralischer Rohstoffe

Von Leopold Weber & Alfred Weiß

EINLEITUNG

Für eine florierende Wirtschaft ist die ungestörte Versorgung mit mineralischen Roh- und Grundstoffen unbedingt notwendig. Diese treten in Lagerstätten auf,

Symbol	Anteil in ppm	Symbol	Anteil in ppm
Ae	-	N	20
Ag	0,07	Na	23600
Al	82300	Nb	20
Ar	-	Nd	28
As	1,8	Ne	-
Au	0,004	Ni	75
B	10	O	464000
Ba	425	Os	-
Be	2,8	P	1050
Bi	0,17	Pa	-
Br	2,5	Pb	12,5
C	200	Pd	-
Ca	41500	Po	-
Cd	0,2	Pr	8,2
Ce	60	Pt	-
Cl	130	Ra	-
Co	25	Rb	90
Cr	100	Re	-
Cs	3	Rh	-
Cu	55	Rn	-
Dy	3,0	Ru	-
Er	2,8	S	260
Eu	1,2	Sb	0,2
F	625	Sc	22
Fe	56300	Se	0,05
Ga	15	Si	281500
Gd	5,4	Sm	6,0
Ge	1,5	Sn	2
H	-	Sr	375
He	-	Ta	2
Hf	3	Tb	0,9
Hg	0,08	Tc	-
Ho	1,2	Te	-
In	0,1	Th	9,6
Ir	-	Ti	5700
J	0,5	Tl	0,45
K	20900	Tm	0,48
Kr	-	U	2,7
La	30	V	135
Li	20	W	1,5
Lu	0,50	Xe	-
Mg	23300	Y	33
Mn	950	Yb	3,0
Mo	1,5	Zn	70
		Zr	165

Tabelle 1: Elementeverteilung in der Erdkruste; Durchschnittsgehalte und fundamentale Gesetzmäßigkeiten der Häufigkeitsverteilung in der Lithosphäre (nach Taylor 1964).

die weltweit verbreitet, aber regional äußerst inhomogen verteilt sein können.

Betrachtet man die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Erdkruste, fällt auf, daß neun Elemente (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti) 99,03% der Lithosphäre aufbauen. Die übrigen 83 natürlich vorkommenden Elemente machen somit weniger als 1% aus. Unter besonders günstigen geologischen Bedingungen können in komplizierten geochemischen und physikochemischen Prozessen Konzentrationen von Elementen und Elementverbindingen entstehen. Aus dieser Tatsache geht deutlich hervor, daß Lagerstätten, durch natürliche Anreicherungsvorgänge in oder auf der Erdkruste entstanden, Sonderfälle darstellen (vgl. Tabelle 1).

Die Bildung von Lagerstätten läßt sich seit dem Archaikum verfolgen, wobei bestimmte gesetzmäßige, räumliche, zeitliche und stoffliche Zusammenhänge erkennbar sind.

Die Evolution von Lagerstätten

Lagerstätten In Zeit und Raum

Im Laufe der Erdgeschichte sind die geologischen Voraussetzungen für eine Lagerstättenbildung nicht immer die gleichen gewesen. Sind z. B. im Präkambrium vorwiegend Großlagerstätten im Bereich Alter Schilder gebildet worden, so nimmt in den geologisch jüngeren Zeiträumen die Dimension der Lagerstätten erheblich ab, wobei vielfach auch der Ort der Lagerstättenbildung von den starren Schilden zu den mobilen Krustenanteilen (Geosynkinalen, Orogen) wandert. Es fällt dabei auf, daß bestimmte Erzparagenesen im Laufe der geologischen Geschichte offenbar zyklisch wiederkehren, während andere nur auf bestimmte Zeiträume und auf tektonische Einheiten beschränkt sind (vgl. Tabelle 2).

Die Bildung der gigantischen Eisenerzlagerstätten des Präkambriums (siehe „Eisenoxide“ in der Tabelle 2 bzw. Kapitel Eisen) ist auf die anders als heute geartete und damals in Entwicklung befindliche Atmosphäre zurückzuführen, die reduzierend ohne freien Sauerstoff war. Vor etwa 3,7 Mrd. Jahren setzte die Fotosynthese ein, seither entsteht durch die Assimilation der Pflanzen (Algen usw.) freier Sauerstoff. Das im Meerwasser enthaltene, wahrscheinlich vom Festland aus Verwitterungslösungen stammende Eisen, oxidierte von der zweiwertigen in die dreiwertige Stufe, fast bis zur vollständigen Fällung. Hierdurch entstanden die gigantischen Eisenerzlagerstätten des Präkambriums.

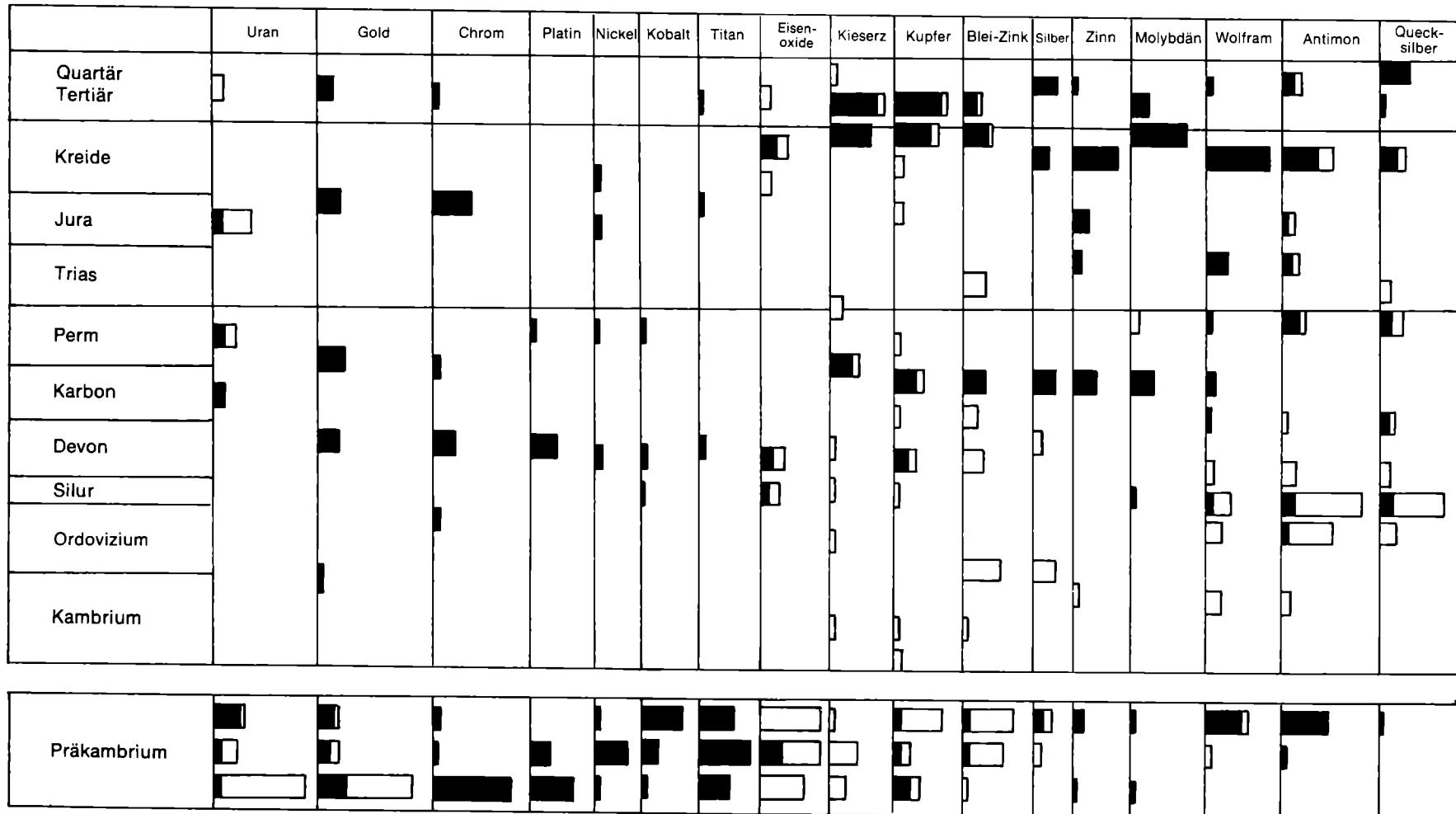


Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Erze auf die verschiedenen geologischen Formationen. Die Länge der Säulen entspricht der relativen Häufigkeit, ermittelt nach den aus der Literatur heute bekannten Erzreserven. Der helle Anteil entspricht den schichtgebundenen Erzvorkommen (nach A. Maucher 1974).

Erläuterungen zu Tabelle 3

Statisch: konstante Förderung.

Dynamisch: steigende Förderung unter Bedachtnahme auf die Wachstumsraten der einzelnen Förderländer.

Vorräte, sicher und wahrscheinlich: derzeit nutzbare Vorräte („bergbauliche Vorräte“), die unter gegenwärtigen Bedingungen wirtschaftlich nutzbar sind.

Potentielle Vorräte: Vorräte, die künftig für eine Nutzung in Betracht kommen könnten und derzeit nicht den Anforderungen für eine wirtschaftliche Verwertung genügen.

(Vergleiche auch Gocht, W.: 1978, Fettweis, G. B.: 1977, sowie Lagerstättenausschuss GDMB.)

Die in der obenstehenden Tabelle angeführten Zahlenwerte über die Lebensdauer ausgewählter mineralischer Rohstoffe sind mit großer Vorsicht zu betrachten. Eine genaue Abschätzung der Lebensdauer ist deshalb schwer möglich, weil einerseits laufend durch verfeinerte Suchmethoden bauwürdige Lagerstätten gefunden werden, andererseits bei entsprechendem Bedarf bislang unwirtschaftliche Lagerstätten heute von wirtschaftlichem Interesse sein können. Mit Hilfe neuer Abbau- und Gewinnungsverfahren können die unteren Bauwürdigkeitsgrenzen erheblich gesenkt werden. Durch den Einsatz einer modernen Technologie gelingt es darüber hinaus vielfach, knappe Rohstoffe – aus Angebots- oder Kostengrün-

den – zu substituieren oder wiederzuverwerten. Bei entsprechendem Bedarf könnten viele Rohstoffe darüber hinaus auch als wirtschaftliches Koppelprodukt aus Komplexerzlagerstätten gewonnen werden.

Bei einer Angebotsverknappung gehen meist auch extreme Preissteigerungen des Rohstoffes einher. Dieser hohe Preis kann wiederum stimulierend für eine gezielte Aufsuchung wirken. Eine Verknappung von Rohstoffen liegt jedoch nicht nur in der Nichtregenerierbarkeit bzw. Produzierbarkeit von Lagerstätten begründet, sondern auch in der inhomogenen – geologisch tektonisch bedingten – Verteilung auf der Erde. Viele Rohstofflagerstätten und potentielle Hoffnungsgebiete liegen in Entwicklungsländern, wie die Tabelle 4 am Beispiel Chrom zeigen soll.

Viele Industrieländer schrecken vor der oft politisch instabilen Lage gewisser Rohstofflieferländer zurück, dort Investitionen zu tätigen oder sich zu beteiligen. Die Entwicklungsländer sind aber oft selbst nicht in der Lage, Lagerstätten (aus Kostengründen und/oder fehlendem Know-how) optimal zu erschließen. Durch diese Scherenwirkung können daher Rohstoffe oft schneller verknappen, als dies aus der o. a. Tabelle hervorgeht.

War noch vor einigen Jahren ein deutlicher Trend vom „klassischen Reicherzbergbau“ zu Tagbauen gigantischer Dimension auf Armerze (vor allem bei Kupfer, Molybdän) zu beobachten, ist möglicherweise wiederum eine Trendumkehr absehbar, weil Armerze nur energieintensiv aufzubereiten und zu verhütteten sind.

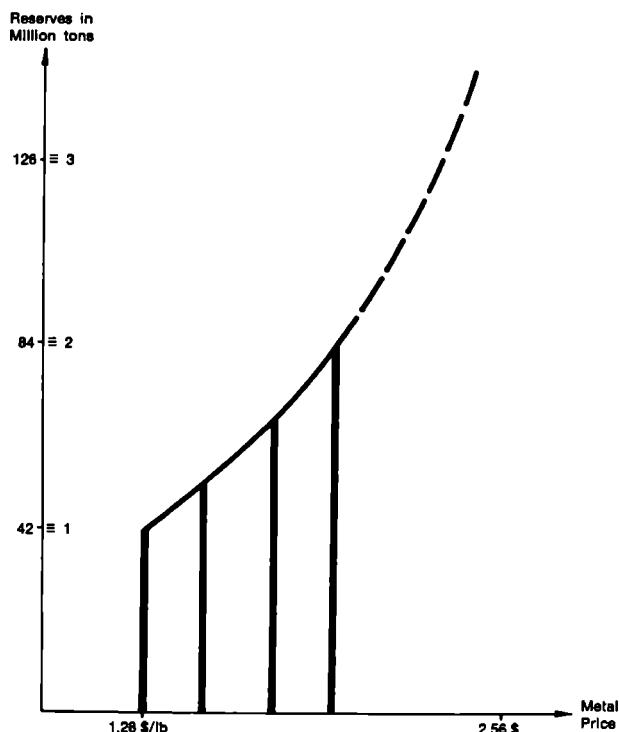


Abbildung 2: Weltnickelreserven als Funktion der Preise (USBM 1969). Zunahme der Vorräte bei steigenden Rohstoffpreisen.

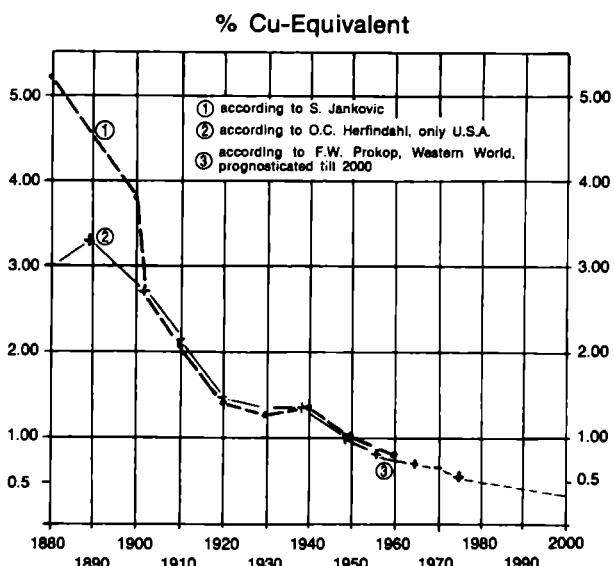


Abbildung 3: Die Entwicklung der Abbauwürdigkeitsgrenzen in porphyrischen Kupfererzlagerstätten 1880–2000 (nach F. PROKOP 1975).

Die Bauwürdigkeit und Mindestsubstanz einer Lagerstätte hängt von zahllosen Faktoren, wie Vererzungstyp, Tiefenerstreckung, Ausdehnung, nicht zuletzt aber von der Nachfrage und den daraus resultierenden

Erzpreisen, ab. So sind Antimonerzlagerstätten bereits dann bauwürdig, wenn eine Mindestsubstanz von

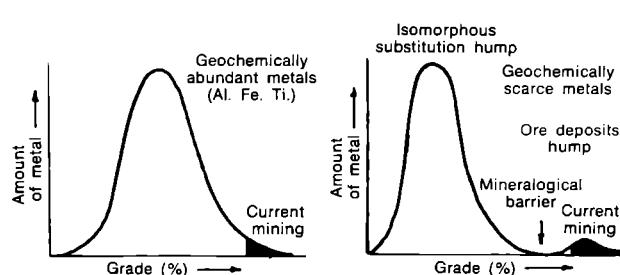


Abbildung 4: Elementverteilung in der Erdkruste (nach SKINNER 1976).

einigen Hundert Tonnen Metallinhalt nachweisbar ist, wogegen der Abbau von Eisenerzlagerstätten erst ab

einer sicher nachgewiesenen Substanz von Millionen bis Milliarden Tonnen Erz wirtschaftlich ist. Dennoch muß in Zukunft auf immer ärmere, tiefere, kleinere und entferntere Lagerstätten zurückgegriffen werden.

Besondere Bedeutung wird in Zukunft den „Mangan-Knollen“ der Tiefseeböden zukommen, welche in enormer Ausdehnung und Menge vorhanden sind und neben Mangan auch andere dringend benötigte Rohstoffe enthalten. Diese Vorkommen enthalten nach dem derzeitigen Kenntnisstand mehr Mangan, Kupfer, Nickel und Kobalt als alle kontinentalen Lagerstätten zusammen. Auch die hochmineralisierten Schlämme des Meeresbodens, z. B. des Roten Meeres und Atlantis Tiefs, sind dann von Bedeutung, wenn es gelingt, diese technisch und vor allem wirtschaftlich zu gewinnen. Dies wird aber nach optimistischen Schätzungen nicht vor Ende der 80er Jahre möglich sein.

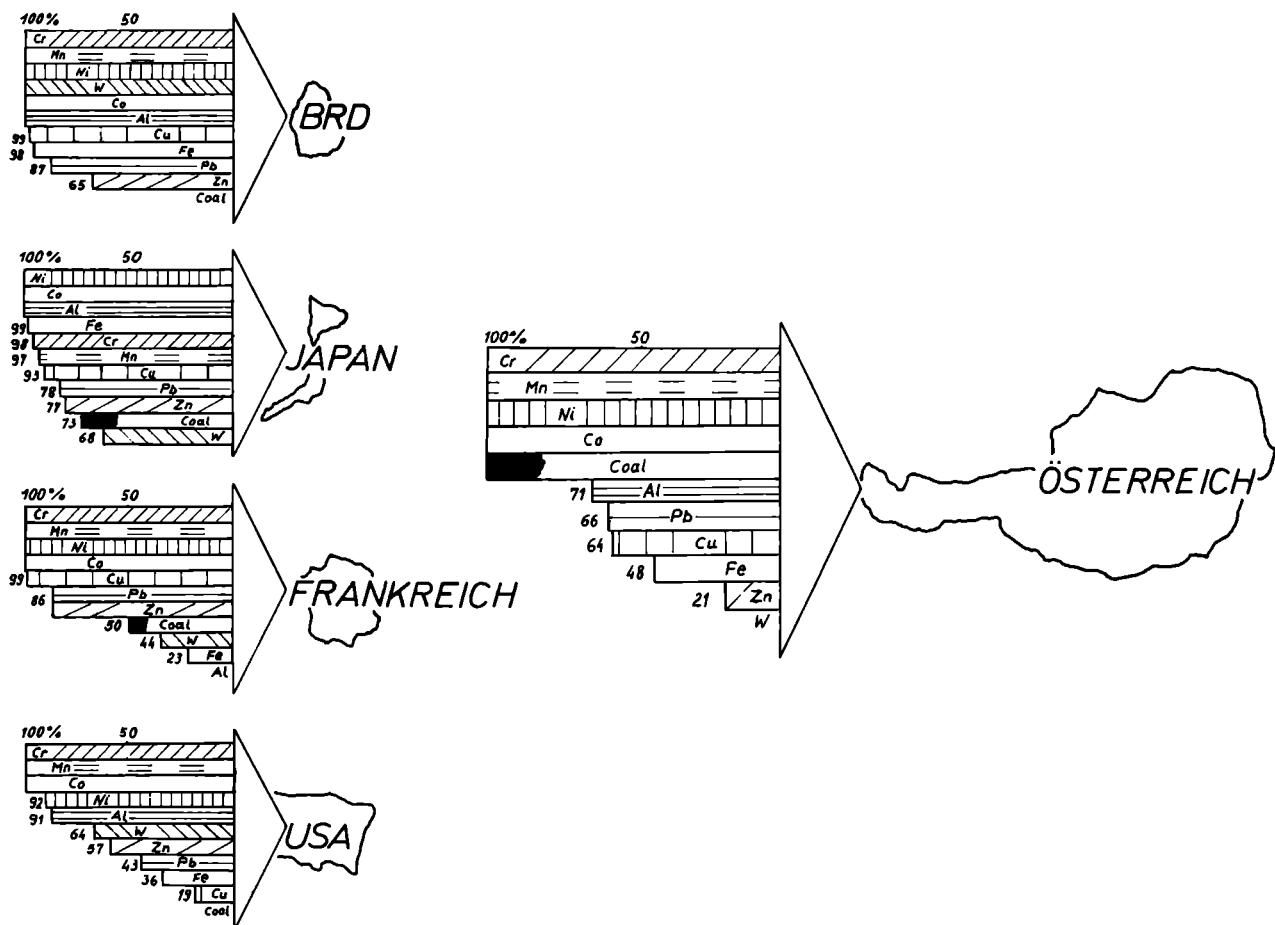


Abbildung 5: Importabhängigkeit an mineralischen Rohstoffen

Die Versorgungslage Österreichs – Probleme und Möglichkeiten

Österreich, das vor allem im alpinen Anteil über zahlreiche kleine bis kleinste Vorkommen mineralischer Roh- und Grundstoffe verfügt, muß rund zwei Drittel des Rohstoffbedarfs einführen. Nur wenige Lagerstätten erreichen wirtschaftliche Dimensionen und werden bergbaulich genutzt. Dennoch kann die heimische Wirtschaft besser aus inländischen Lagerstätten versorgt werden, als dies z. B. in der BRD (vgl. Abb. 5) der Fall ist.

Während bei einigen Rohstoffen eine Verbesserung der Aufbringung aus inländischen Lagerstätten durchaus möglich ist, ist bei rund 40 Rohstoffen die Versorgung als kritisch, bei 12 Rohstoffen, nämlich bei Chrom, Phosphaten, Asbest, hochwertigem Glimmer, Steinkohle zur Kokserzeugung, Steinkohlenkokks, Mangan, Nickel, Molybdän, Kupfer, Tonerde, Flußmitteln zur Aluminiumherstellung und Flußspat, als besonders kritisch einzustufen (vgl. Kritische Versorgungsbereiche, S. 146).

Manche, möglicherweise auch wirtschaftlich interessante Vorkommen von solchen mineralischen Roh- und Grundstoffen sind zwar im Bundesgebiet bekannt, können aber auf Grund der Verbauung oder des Natur- oder Landschaftsschutzes nicht genutzt werden.

Rohstoffe für die Bauindustrie, sogenannte Massenrohstoffe, wie Sande, Schotter usw., werden in absehbarer Zeit noch ausreichend zur Verfügung stehen. Örtlich ist jedoch eine ungestörte Gewinnung bereits stark gefährdet. Solche Massenrohstoffe liegen in Tal- und Beckenlagen. Sie sind frachtkostenempfindlich und müssen daher vor allem um die urbanen Ballungszentren abgebaut werden. Daraus resultiert oft eine beachtliche Konfliktsituation, weil dieser Bereich auch anderwärts genutzt wird (Siedlungsraum, Straßen, Grundwasserspeicher usw.).

Nicht nur die Landschaft und das gesamte Ökosystem, sondern auch Lagerstätten mineralischer Roh- und Grundstoffe sind somit absolut schutzbedürftig. Um solche Gegensätze in Zukunft zu verhindern, ist die zeitgerechte Erstellung von Naturraumpotentialkarten dringend notwendig. Nur so kann das Rohstoffpotential Österreichs gesichert, geschützt und genutzt werden, wobei auch unnötige Importe, die die heimische Wirtschaft erheblich belasten, vermindert werden können.

Für die zahlreichen Anregungen und kritischen Diskussionsbeiträge sei an dieser Stelle den Herren Univ.-Prof. HERMANN, Univ.-Prof. HOLZER, Univ.-Prof. MEDWENITSCH, HR Univ.-Prof. SCHROLL, Univ.-Prof. STEINER und HR Univ.-Prof. WIEDEN bestens gedankt.

AUSGEWÄHLTE LITERATUR

- AKIN, H.: Die Buntmetall-Komplexerzlagerstätte Harsit Köprübasi (Nordost-Türkei). – Erzmetall 29, 307–311, Stuttgart 1976.
- ALEXANDERSSON, G., KLEVEBRING, B.-I.: World Resources. – 248 S., de Gruyter, Berlin 1978.
- ALMGREN, G.: Moderne Bergbautechnik in den Boliden-Gruben. – Erzmetall 27, 69–77, Stuttgart 1974.
- ANGEL, F.: Die Entstehung des „Österreichischen Traß“ = Gossendorfit und seine Stellung im Gleichenberger Vulkanismus. – Joanneum, Mineralog. Mitteilungsblatt, 1, 9–11, Graz 1954.
- ANGERMEIER, H.-O.: Metallische Rohstoffe und Diamanten in der Republik Zaire. – Erzmetall 25, 193–198, Stuttgart 1972.
- ANGERMEIER, H.-O., et al.: Zaire. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. III, 120 S., Hannover 1974.
- ARGALL, G. O.: Medet, Bulgarian's giant porphyry copper molybdenum kombinat. – World Min. 23, 40–45, San Francisco 1970.
- : Vurly Bryag, Bulgarian Black Sea Copper Mine. – World Min. 23, 53–55, San Francisco 1970.
- ARLET, G.: Der Eisenerzbergbau in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft. – Glückauf 113, 324–329, Essen 1977.
- ARNS, H. J.: Die Bedeutung des jugoslawischen Bergbaues. – Glückauf 116, 278–281, Essen 1980.
- ASERETO, R., BRUSCA, C., et al.: The Pb-Zn mineralization in the Triassic of the Dolomites. – Geological History and genetic interpretations. – L'Industria Mineralia 28, 1–34, Mailand 1977.
- BÄCKER, H.: Rezente hydrothermal-sedimentäre Lagerstättenbildung. – Erzmetall 26, 544–555, Stuttgart 1973.
- : Rohstoffe Siziliens – Geologischer Rahmen und Nutzung. – Aufschluß 27, 5–30, Heidelberg 1976.
- BARDOSSY, G., BONI, M.: Die Bauxitlagerstätten in Südalien – Neue Ergebnisse über ihre mineralogische und petrographische Zusammensetzung. – Erzmetall 29, 411–415, Stuttgart 1976.
- BARNES, F. O.: Uranium – where are the reserves. – Min. Congr. J. 62, 28–33, Washington 1976.
- BARTELKE, W.: Die Erzlagerstätte von Tsumeb/Südwestafrika und ihre Mineralien. – Aufschluß 27, 393–439, Heidelberg 1976.
- BAZIN, D., HÜBNER, H.: Copper deposits in Iran. – Geol. Survey Iran Rep. 13, 232 S., 1969.
- BEALL, J. V.: Thailand. – Min. Engng. 22, 100–105, New York 1970.
- BENTZ, A., MARTINI, H. J.: Lehrbuch der Angewandten Geologie. – 2. Bd., Teil 1, 2; Geowissenschaftliche Methoden, 2151 S., Enke, Stuttgart 1968.
- BERING, D., ESCHNAUER, H.: Tantal-Vorstoffe und -Vorkommen. – Erzmetall 31, 194–198, Stuttgart 1978.
- BIELFELDT, K., LOTZE, J., WINKHAUS, G.: Ton – ein Aluminiumrohstoff? – Erzmetall 31, 105–110, Stuttgart 1978.
- BIGOTTE, G., MOLINAS, E.: Die Entdeckung von Uranlagerstätten in Niger. – World Min. 26, 34–39, San Francisco 1973.
- BISHOP, F.: Mining in Mexico still in evolutionary stages. – Min. Congr. J. 57, 62–64, Washington 1971.
- BOKELMANN, F.: Papua New Guinea. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XII, 106 S., Hannover 1977.
- BOTTKE, H.: Das Lagerstättenpotential Ostsibiriens. – Erzmetall 29, 494–499, Stuttgart 1976.
- BRIGO, L., KOSTELKA, L., et al.: Comparative Reflections on Four Alpine Pb-Zn Deposits. – in: KLEMM, D. D., SCHNEIDER, H.-J., ed: Time- and Strata-Bound Ore Deposits, 273–293, Springer, Berlin 1977.
- BROBST, D. A., PRATT, W. P.: United States Mineral Resources. – Geol. Surv. Prof. Pap. 820, Washington 1973.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, ed.: Ausfallrisiko bei 31 Rohstoffen. – Bergwirtschaftliche und rohstoffwirtschaftliche Kriterien für das Angebot und die Nachfrage wichtiger Rohstoffe. – Bd. 1, 378 S., Berlin–Hamburg–Hannover 1977.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR HANDEL, GEWERBE UND INDUSTRIE, Oberste Bergbehörde, ed.: Österreichisches Montanhandbuch 1972. – 46, XLIII + 294 S., Montanverlag, Wien 1972.
- : Österreichisches Montanhandbuch 1976. – 50, XXXIX + 275 S., Montanverlag, Wien 1976.
- : Österreichisches Montanhandbuch 1978. – 52, XXXI + 272 S., Montanverlag, Wien 1978.
- : Österreichisches Montanhandbuch 1979. – 53, XXXI + 259 S., Montanverlag, Wien 1979.
- : Österreichisches Montanhandbuch 1980. – 54, XXXIV + 259 S., Montanverlag, Wien 1980.
- BURCHARD, U.: Genesis of the King Island (Tasmania) Scheelite Mine. – in: KLEMM, D. D., SCHNEIDER, H. J., ed: Time- and Strata-Bound Ore Deposits, 199–204, Springer, Berlin 1977.
- BÜRG, G.: Die Antimonlagerstätten Spaniens. – Erzmetall 24, 245–248, Stuttgart 1971.
- BUROŠ, J.: Sowjetunion – Chromit. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. VII, 124 S., Hannover 1976.
- BUROŠ, J., et al.: UdSSR-Mangan. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XIV, 107 S., Hannover 1977.
- : UdSSR-Aluminium. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XVII, 86 S., Hannover 1978.

- BUSCH, K.: Der Bergbau Spaniens. – Glückauf 111, 812–820, Essen 1975.
- CAIRENS, R. B.: Flin Flon and 50 years of exploration success. – Can. Min. J. 99, 43–46, Quebec 1978.
- CALDWELL, A. B.: Ertsberg – a gigantic base metal outcrop. – Min. Engng. 22, 57–61, New York 1970.
- CAMERON, J.: World Uranium Resources. – Berg- u. Hüttenm. Mh. 122, 219–232, Wien 1977.
- CARPENTER, L. R., WOOLFE, B. R.: Rio Blanco. – Min. Mag. 333–339, London 1972.
- CARTER, K. J.: Mining at Cleveland Tin N. L. Tasmania. – Proc. Austr. Inst. Min. Met. 237, 1–9, Parkville 1971.
- CASSEDANNE, J.: Die brasilianischen Blei-Zinkerz-Lagerstätten und ihre örtliche Verteilung. – Bull. Rech. Geol. Min. (2), Sect. II, 1–31, Orleans 1972.
- CASTELLS, C.: Der Kali- und Steinsalzbergbau Spaniens. – Glückauf 113, 123–133, Essen 1977.
- CHAZITEODOROU, G.: Der Bergbau auf Cypern. – Glückauf 110, 836–840, Essen 1974.
- : Bodenschätze und Bergbau Griechenlands. – Glückauf 110, 96–100, Essen 1974.
- CHEMIKERAUSSCHUSS DER GDMB, Chemikerausschuß des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, ed.: Analyse der Metalle, III., Probenahme. – 452 S., Springer, Berlin–Göttingen–Heidelberg 1956.
- CHRISTIE, S.: Australiens Rolle auf dem Weltaluminumsektor. – Erzmetall 25, 583–586, Stuttgart 1972.
- CISSARZ, A.: Verbreitung und geotektonische Stellung des Nickels. – Erzmetall 23, 460, Stuttgart 1970.
- : Verbreitung der Platinmetalle, ihre Lagerstättenkundliche Stellung und ihre Anteile an der Weltproduktion. – Erzmetall 25, 7–16, Stuttgart 1972.
- CISSARZ, A., et al.: Blei. – Unters. Angeb. Nachfr. mineral. Rohstoffe, I, 65 S., Berlin–Hannover 1971.
- : Kupfer. – Unters. Angeb. Nachfr. mineral. Rohstoffe, II, 136 S., Berlin–Hannover 1972.
- : Aluminium. – Unters. Angeb. Nachfr. mineral. Rohstoffe, III, 204 S., Berlin–Hannover 1973.
- : Flußspat. – Unters. Angeb. Nachfr. mineral. Rohstoffe IV, 151 S., Berlin–Hannover 1974.
- : Zink. – Unters. Angeb. Nachfr. mineral. Rohstoffe V, 259 S., Berlin–Hannover 1974.
- COOLBAUGH, D. F.: La Caridad, Mexicos newest and largest porphyry copper deposit – an exploration case history. – Trans. Soc. Min. Engng. AIME 250, 133–138, New York 1971.
- CRONAN, D. S.: Zinc in marine manganese nodules. – Trans. Inst. Min. Metall. 84, B 30–B 32, 1975.
- DAHLKAMP, F.-J.: Die Wolfram-Zinnerzlagerstätte im Gordonia-District, Kapprovinz, Südafrika. – Erzmetall 23, 113–119, Stuttgart 1970.
- : Der afrikanische Uranerzbergbau. – Erzmetall 24, 555–559, Stuttgart 1971.
- : Classification of Uranium Deposits. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 32, 31–52, Clausthal-Zellerfeld 1978.
- : Die zeit- und schichtgebundenen Lagerstättenbildungen des Urans in der Erdgeschichte. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 33, 79–100, Clausthal-Zellerfeld 1979.
- DECIO, T.: Die Zinn-Wolfram-Lagerstätten Portugals. – Z. angew. Geol. 22, 17–21, Berlin 1976.
- DERLIPANSKI, D.: Bulgarian non ferrous metal mining in full development. – World Min. 26, 42–55, London 1973.
- DORA, O. Ö.: Die Entwicklung der Kenntnisse über die Genese schichtgebundener Lagerstätten in der Türkei. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 33, 159–178, Clausthal-Zellerfeld 1979.
- DOUGLAS, R. P., et al.: The position of metallic minerals. – Can. Min. Metall. Bull. 69, 62–66, 1976.
- DUPUY DE LOME, E.: L'industrie minière en Espagne. – Rev. Ind. Miner. 59, 431–433, Paris 1977.
- ELLIS, A. L.: Projets australiens concernant la Bauxite et l'alumine. – Rev. Ind. Miner. 57, 77–81, Paris, 1975.
- ERTLE, H. J., GERLACH, R., MÜLLER, H.: Die Versuchsgrube Müllenbach als Testfall für Prospektions-, Explorationstechnik und Strahlenschutz im Uranerzbergbau. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 32, 25–29, Clausthal-Zellerfeld 1978.
- ERTLE, H. J., SCHMID, K.: Kernenergie und Uranerzbergbau vor dem energiepolitischen Hintergrund. – Glückauf 116, 291–301, Essen 1980.
- ESPIE, F. F.: L'opération cuivre de Bougainville. – Rev. Ind. Miner. 57, 82–90, Paris 1975.
- ETHEM, M. Y.: Black Sea copper – geology, drilling data, pipeline design. – World Min. 28, 42–45, San Francisco 1975.
- : Zum Kupferbergbau und Kupferhüttenwesen in der Türkei. – Erzmetall 29, 182–186, Stuttgart 1976.
- : Turkish lead, zinc, and antimony mines are small and wide spread. – World. Min. 30, 50–53, San Francisco 1977.
- : Bergbau in der Türkei. – Glückauf 114, 435–440, Essen 1978.
- FAHN, R.: Die Gewinnung von Bentoniten in Bayern. – Erzmetall 26, 425–428, Stuttgart 1973.
- FETTWEIS, G. B.: Warum unterscheiden sich Vorratsangaben? – Berg- und Hüttenm. Mh. 122, 2 a (Petrascheck SH), 24–30, Wien 1977.
- FISCHER, R. P.: The Uranium and Vanadium Deposits of the Colorado Plateau Region. – In: RIDGE, J. D., ed.: Ore Deposits of the United States, 1933–1967, Vol. 1, 735–745, Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers, New York 1968.

- FISH, R., et al.: Canada's asbestos mines: achieving environmental control with prosperity. – *Canad. Min. J.* 98, 8–50, Quebec 1977.
- FISH, R.: Flin Flon. – *Canad. Min. J.* 98, Quebec 1977.
- FITZGERALD, D. H. B.: Vom Tagbau zum Tiefbau auf der Grube der Irish Base Metals Limited. – *Erzmetall* 28, 49–54, Stuttgart 1975.
- FLETCHER, K.: Dramatic results of nickel exploration in Australia. – *Min. Congr. J.* 57, 17–20, Washington 1971.
- FORSTER, A.: Die Pegmatite und pegmatitischen Lagerstätten Ostbayerns, ihre Verbreitung, ihr Bau und Chemismus. – *Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V.* 19, 59–69, Clausthal-Zellerfeld 1967.
- : Die Flußspatlagerstätten Asturiens/Nordspanien und deren Genese. – *Geol. Rdsch.* 63, 212–263, Stuttgart 1974.
- FÖRSTER, H., SCHMITZ, K.: Die Blei-Zinklagerstätte Pflersch in Südtirol. – *Erzmetall* 25, 57–64, Stuttgart 1972.
- FOX, D. J.: Bolivia's mineral wealth. – *Min. Mag.* 124, 125–129, London 1971.
- FRIEDENSBURG, F.: Die Nichteisen-Metallerzlagerstätten in der Bundesrepublik Deutschland und die Möglichkeit für ihre weitere Ausnutzung. – *Erzmetall* 24, 369–378, 441–445, Stuttgart 1971.
- FRIEDENSBURG, F., DORSTEWITZ, G.: Die Bergwirtschaft der Erde. – 7., von G. DORSTEWITZ neubearb. Aufl., 656 S., Enke, Stuttgart 1976.
- FRIEDRICH, G.: Schwermineralsandvorkommen im Küstenbereich Australiens. – *Erzmetall* 27, 350–353, Stuttgart 1974.
- FRISCH, W.: Die Zinn-Wolfram-Provinz in Rwanda (Zentral-Afrika) aus montangeologischer Sicht. – *Erzmetall* 24, 593–600, Stuttgart 1971.
- : Die Wolfram-Lagerstätte Gifurwe (Rwanda) und die Genese der zentralafrikanischen Reinit-Lagerstätten. – *Jb. Geol. B.-A.* 118, 119–191, Wien 1975.
- GIES, H., KASPER, R.: Zur Geochemie und Lagerstättenkunde von Niob und Tantal. – *Erzmetall* 25, 521–525, 632–638, Stuttgart 1972.
- GOCHT, W.: Handbuch der Metallmärkte. – 380 S., Springer, Berlin–Heidelberg–New York 1974.
- : Wirtschaftsgeologie. – 200 S., Springer, Berlin–Heidelberg–New York 1978.
- GOLESTANEH, F., HAKIM, M., ZAHEDI, P.: Die Kupfererzlagerstätte Sar Cheshmeh (SE-Iran). – *Erzmetall* 31, 232–237, Stuttgart 1978.
- GOLESTANEH, F., KOLBE, H., RABSILBER, K.: Das Oberjura-Eisenerz der Schachtanlage Konrad der Salzgitter Erzbergbau AG bei Salzgitter Bleckenstedt. – *Erzmetall* 28, 105–115, Stuttgart 1975.
- GOVETT, G. J. S., GOVETT, M. H., ed.: The Australian Minerals Industry. – Spec. Issue. – *Resources Policy* 6, 2, Guildford 1980.
- GRABERT, H.: Das Rondonia-Zinn – Brasiliens neuer Wirtschaftsfaktor im Amazonas-Urwald. – *Erzmetall* 26, 318–322, Stuttgart 1973.
- GRAFENAUER, G.: Der Flußspatbergbau im Nabburg-Wölsendorfer Revier. – *Berg- und Hüttenm. Mh.* 118, 44–50, Wien 1973.
- GRAFENAUER, S.: Genesis of Chromite in Yugoslavian Peridotite. – in: KLEMM, D. D., SCHNEIDER, H.-J. ed.: Time- and Strata-Bound Ore Deposits, 327–351, Springer, Berlin 1977.
- GRAUL, H., HILGER, W.: Neue Entwicklungen auf dem Uran-Sektor in Australien. – *Erzmetall* 30, 382–385, Stuttgart 1977.
- : Neue Entwicklungen auf dem Uransektor in Australien. – *Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V.* 32, 105–108, Clausthal-Zellerfeld 1978.
- GREENWOOD, D. A., et al.: Fluorspar mining in the northern Pennines. – *Trans. Inst. Min. Metall.* 86, B 181–B 189, 1977.
- GUCCIONE, E.: What's going on in the fluorspar industry. – *Engng. Min. J.* 173, 64–70, New York 1972.
- GUNDLACH, H., KRAUSS, U.: Irische Buntmetall-Lagerstätten. – *Erzmetall* 25, 252–253, Stuttgart 1972.
- HADITSCH, J. G.: Der Diabas von Saalfelden, seine Eigenschaften und technische Nutzbarkeit. – *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck* 9, 133–154, Innsbruck 1979.
- : Erze, feste Energierohstoffe, Industriemineralien, Steine und Erden. – *Grundlagen Rohstoffvers.* 2, 3–45, Bundesministerium f. Handel, Gewerbe und Industrie, Wien 1979.
- HALBACH, P., BRAUN, E.: Der jugoslawische Erzbergbau. – *Glückauf* 106, 1151–1160, Essen 1970.
- HARSHMAN, E. N.: Uranium Deposits of Wyoming and South Dakota. – In: RIDGE, J. D., ed.: *Ore Deposits of the United States, 1933–1967*, Vol. 1, 815–831, Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers, New York 1968.
- HAUDE, H., et al.: Argentinien. – *Rohstoffwirtschaftl. Länderber.* VI, 121 S., Hannover 1975.
- HEDLEY, D. G. F.: Effect of geological factors on stope- and pillar layout in an Elliot Lake Uranium mine. – *Can. Min. Bull.* 68, 107–112, Quebec 1975.
- HEINRICH, E. W.: Lithium deposits: their location and economic potential throughout the world. – *Min. Engng.* 26, 52–54, New York 1974.
- HENRIE, TH. A., BLOCK, F.: Research on an More Effective Use of Mineral Resources – A Mission of the United States Bureau of Mines. – In: *The Mineral Resources Potential of the Earth*. – Proc. 2nd Int. Symp. Hannover, 24–38, Schweizerbart, Stuttgart 1979.
- HERBST, F.: Der Bergbau auf Mansfelder Kupferschiefer. – *Erzmetall* 27, 411–424, Stuttgart 1974.

- HERRMANN, A., RAUEN, U.: Lagerstätten, Abbau und Rekultivierung fränkischer Gipsvorkommen. – Erzmetall 29, 53–58, Stuttgart 1976.
- HERRMANN, F., CEIPEK, N.: Entwicklungen in der Bergwirtschaft Nigeriens. – Mont. Rdsch. 21, 333–337, Wien 1973.
- HESEMANN, J., SCHRÖDER, G.: Untersuchung und Bewertung von Lagerstätten der Erze, nutzbarer Minerale und Gesteine. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 23, Clausthal-Zellerfeld 1972.
- HIESSLEITNER, G., CLAR, E.: Ein Beitrag zur Geologie und Lagerstättenkunde (Chromerz- und Nickellagerstätten) basischer Gesteinszüge in Griechenland. – Sitz. ber. Österr. Akad. Wiss., Math. Nat. wiss. Kl., Abt. I, 160, 679–709, Wien 1951.
- HILDEBRAND, H.-J., et al.: Mangan. – Unters. Angeb. Nachfr. mineral. Rohstoffe VIII, 156 S., Berlin-Hanover 1977.
- HODGE, B. L.: Fluorspar in Latin America. – World Min. 28, 42–47 San Francisco 1975.
- HOFFNER, R.: Der Bergbau Schwedens. – Glückauf 112, 457–466, Essen 1976.
- HUTCHESON, D. W., ed.: A Symposium on the Geology of Fluorspar. – Kentucky Geol. Surv., Spec. Publ. 22, Lexington 1974.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, ed.: Uranium Deposits in Afrika: Geology and Exploration. – Panel Proceedings Series, Wien 1979.
- INTERNATIONAL LEAD AND ZINC STUDY GROUP, ed.: World Directory: Lead und Zinc Mines and Metallurgical Works. – 82 S., Metro House, London 1980.
- JACOB, K.-H.: Nutzbare und potentielle Flußspatlagerstätten. – Erzmetall 24, 486–491, Stuttgart 1971. –: Flußspatlagerstätten in Südafrika. – Erzmetall 26, 510–514, Stuttgart 1973.
- JACOBSEN, J. B. E.: Copper deposits in time and space. – Min. Sc. Engng. 7, 337–371, 1975.
- JANKOVIC, S.: Wirtschaftsgeologie der Erze. – 347 S., Springer Wien 1967.
- JEAN, C.: L'industrie des terres rares. – Rev. Ing. 219, 7–10, Paris 1971.
- JENSEN, K.-D.: Untersuchungen über die Amberger Phosphatlagerstätten. – Sitz.-ber. Phys.-med. Soz. Erlangen 71, 285–337, Erlangen 1939.
- JOSEPH, J.: Mica-grounds for hope. – Ind. Miner. 129, 37–45, 1978.
- JUNG, H., KRAUS, O.: Die itabiritische Eisenerzlagerstätte Monte Quitungo in Angola/Westafrika. – Erzmetall 28, 115–120, Stuttgart 1975.
- KANTOR, J.: Pb-Zn-Ores of the Westcarpathian, Triassic and the Distribution of Their Sulfur-Isotopes. – In: KLEMM, D. D., SCHNEIDER, H.-J. ed: Time- and Strata-Bound Ore Deposits, 294–304, Springer, Berlin 1977.
- KÄSTNER, H., et al.: Wolfram. – Unters. Angeb. Nachfr. mineral. Rohstoffe X, 347 S., Berlin-Hannover 1978.
- KELLEY, V. C., KITTEL, D. F., et al.: Uranium Deposits of the Grants Region. – In: RIDGE, J. D., ed: Ore Deposits of the United States, 1933–1967, Vol. 1, 747–770, Am. Inst. Mining metall. Petroleum Engineers, New York 1968.
- KILPONEN, T.: Moderne Entwicklungen auf der Grube Pyhäsalmi der Outokumpu Oy. – Erzmetall 28, 16–21, Stuttgart 1975.
- KLAR, G.: Graphitbergbaue und Graphitproduktion. – Erzmetall 30, 410–413, Stuttgart 1977.
- KLEMM, D. D., SCHNEIDER, H.-J., ed.: Time- and Strata-Bound Ore Deposits. – 444 S., Springer, Berlin 1977.
- KLEMM, D. D., SCHWARZENBERG, T. v.: Die Bleierzvorkommen am Rande des Oberpfälzer Waldes. – Erzmetall 30, 531–536, Stuttgart 1977.
- KLINGE, U.: Zur Erkundung weiterer Uranlagerstätten im Blind River-Gebiet, Ontario, Kanada. – Erzmetall 23, 547–552, Stuttgart 1970.
- KOARK, H. J.: Gesichtspunkte zu Hypothesen über metamorphogene Bildung von Großlagerstätten in den Svekofenniden Schwedens. – Geol. Rdsch. 63, 165–180, Stuttgart 1974.
- KRAMM, E.: Die Kaliwerke in Spanien. – Kali- und Steinsalz 5, 391–399, Essen 1971.
- KRAUME, E.: Kupfer. – 2. Aufl., 380 S., Die metallischen Rohstoffe 4, Enke, Stuttgart 1964.
- KRAUSE, H., PEDALL, K. G.: Zypern-Exkursion. – Erzmetall 31, 583–585, Stuttgart 1978.
- KRAUSS, U., SCHMIDT, H.: UdSSR Nickel, Kobalt, Platin-Metalle. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XXII, 184 S., Hannover 1979.
- KRISHNA MURARI.: Bauxite Mining in India. – Trans. Min. Geol. Metall. Inst. India 69, 47–72, 1972.
- KRUPARZ, H.: Economic Ore Deposits of New Guinea. – Berg- und Hüttenm. Mh. 122, 2 a, (Petascheck Festschr.), 41–48, Wien 1977.
- KRUSZONA, M., et al.: Kobalt. – Unters. Angeb. Nachfr. miner. Rohstoffe XI, 251 S., Berlin-Hannover 1978.
- KUNZENDORF, H., FRIEDRICH, G.: Die Verteilung von Uran in Manganknollen in Abhängigkeit von der Knollenfazies und der Morphologie des Meeresbodens. – Erzmetall 30, 590–592, Stuttgart 1977.
- LANG, H. D.: Sekundäre Rutillagerstätten in Sierra Leone (West-Afrika). – Erzmetall 23, 179–183, Stuttgart 1970.
- LAFITTE, P., ROUVEYROL, P.: Carte minière du globe sur fond tectonique. – (2 Geol. Karten, 1 : 20 000 000). – Annales des Mines, Paris 1964.

- LAZNICKA, P.: Porphyry copper and molybdenum deposits of the UdSSR and their plate tectonic settings. – Trans. Inst. Min. Metall 85, B 14–B 32, 1976.
- LESZCZYNSKI, S.: L'exploitation des gisements de soufre en Pologne. – Ann. Min. France 19–26, Paris 1970.
- LOTZE, F.: Steinsalz und Kalisalze I. – 465 S., Borntraeger, Berlin 1957.
- LUBOCH, W., et al.: Der moderne Metallerzbergbau im neuen polnischen Kupferrevier Lubin. – Glückauf 113, 372–377, Essen 1977.
- LÜTTIG, G.: Die Bedeutung der Bodenschätze Niedersachsens für die Wirtschaftsentwicklung des Landes. – Geol. Jb. 89, 583–600, Hannover 1971.
- MABSON, L. R.: The development of Baluba Mine. – Min. Mag. 135, 412–423, London 1976.
- MACHATSCHKI, F.: Vorräte und Verteilung der mineralischen Rohstoffe. – VIII+191 S., Springer, Wien 1948.
- MACK, E.: Die Erkundung und Bewertung der Mineralvorkommen auf der Insel Milos (Griechenland). – Berg- und Hüttenm. Mh. 122, 2 a (Petrascheck Festschr.), 48–57, Wien 1977.
- McARDLE, P.: L'exploitation des mines en Irlande. – Rev. Ind. Miner. 60, 61–69, Paris 1978.
- McINTOSH, J. A., et al.: Canadian reserves of seven minerals. – Can. Min. J. 98, 39, Quebec 1977.
- MAMEN, C.: Copper is big in Chile. – Canad. Min. J. 91, 59–72, Quebec 1970.
- : Spanish Mines. – Canad. Min. J. 92, 34–43, Quebec 1971.
- MASTERS, K.: Exploration und Bergbau unter Permafrost-Bedingungen auf der Black-Angel-Grube, Marmorilik/Grönland. – Erzmetall 28, 93–98, Stuttgart 1975.
- MAUCHER, H.: Metallinhalte heißer Lösungen und ihrer Niederschläge im Roten Meer aus bergmännischer Sicht. – Erzmetall 23, 500–504, Stuttgart 1970.
- MELDRUM, G. H., ed.: Canadian Minerals Yearbook 1974. – 702 S., Ottawa 1977.
- MENARD, H. W.: Geology, Resources and Society. – XI+621 S., W. H. Freeman and Company, San Francisco 1974.
- MEYER, K.: Wirtschaftlich interessante Schwermineral-Anreicherungen vor Mocambique. – Erzmetall 30, 452–456, Stuttgart 1977.
- MICHEL, H., SCHNEIDER, H.-J.: Uranvorkommen im Zusammenhang mit den tertiären Vulkaniten des lateinamerikanischen Kordillerenzugs. – Erzmetall 31, 1–8, Stuttgart 1978.
- MINING JOURNAL, ed.: Mining Annual Review 1980, 644 S., London.
- MIRTSCHING, A.: Blei- und Zinkerzlagerstätten in der Sowjetunion. – Erzmetall 30, 339–343, Stuttgart 1977.
- MOSTLER, H.: Zur Genese schichtgebundener Fluoritvorkommen in den mittelpermisschen Schichten von Tregiovo (Nonsberg, Norditalien). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 5, 9–22, Innsbruck 1976.
- MOTICA, J. E.: Geology and Uranium-Vanadium Deposits in the Uravan Mineral Belt, Southwestern Colorado. – In: RIDGE, J. D., ed.: Ore Deposits of the United States, 1933–1967, Vol 1, 805–813, Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers, New York 1968.
- MRAK, V. A.: Uranium Deposits in the Eocene Sandstones of the Powder River Basin, Wyoming. – In: RIDGE, J. D., ed.: Ore Deposits of the United States, 1933–1967, Vol 1, 838–847, Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers, New York 1968.
- MÜLLER, E. A.: Wieder Feinsilber aus Bolivien. – Erzmetall 31, 342–348, Stuttgart 1978.
- MÜLLER-KAHLE, E.: Geochemische Untersuchungen am „porphyry copper“ – Vorkommen Chaucha, Ecuador. – Erzmetall 25, 275–281, Stuttgart 1972.
- NALIWIN, D., W.: Kurzer Abriß der Geologie der UdSSR. – Fortschr. Sowj. Geol. H. 2., 163 S., Akademie Verlag, Berlin 1959.
- NAPLATANOV, N. D., et al.: Medet. – Min. Mag. 137, 12–18, London 1977.
- NICOLAIDIS, L. P.: Nickelgewinnung aus griechischen Lateriten. – Erzmetall 23, 462, Stuttgart 1970.
- N. N.: The mines of Outokumpu Oy. – Outokumpu News. 12 S., Helsinki 1970.
- : Geology of Uranium and Thorium. – Bibl. Ser., 4, Int. Atomic Energy Agency, Wien 1962.
- : Kurznachrichten in: Wissenschaftliche Rundschau: in Erzmetall (aufgearbeitet ab 1970, 23), Stuttgart.
- : Avoca is Ireland's newest copper producer in a historic mining center. – World Min. 24, 50–55, San Francisco 1971.
- : Cerro Colorado. – Min. Mag. 125, 528–539, London 1971.
- : Mining in British Columbia. – Min. Mag. 124, 268–273, London 1971.
- : Cuajone development quickens in stage II. – Peruvian Times, 3. Dez. 1971, 9–11.
- : Duval Sierrita. – Min. Mag. 124, 192–199, London 1971.
- : Bougainville project nearing completion. – Min. Mag. 124, 377–381, London 1971.
- : South Africa: An explosive mining potential. – Engng. Min. J. 173, S. 101–132, New York 1972.
- : Bauxite Mining in Jamaica. – Min. Mag. 101–108, London 1972.
- : Gibraltar copper mine starts up milling 36 000 daily tons. – World Min. 25, 42–45, San Francisco 1972.
- : Major New developments underway at Ireland's basemetal mines. – Min. Mag. 126, 12–25, London 1972.

- : Uran in Australien. – Umschau 73, 280–281, Stuttgart 1973.
- : Mining in Northwest Europe. – Sonderh. Engng. Min. J. 174, 73–158, New York 1973.
- : Der Bergbau in Rhodesien 1973. – Erzmetall 27, 251–252, Stuttgart 1974.
- : L'industrie minière au Peron. – Rev. Ind. Miner. 56, 279–281, Paris 1974.
- : Weipa bauxite. – Min. Mag. 12–21, London 1974.
- : Nickel production in New Caledonia. – Min. Mag. 336–349, London 1974.
- : Nickel mining in the Dominican Republic. – Min. Mag. 133, 439–444, London 1975.
- : Hungarian bauxit. – Min. Mag. 132, 350–359, London 1975.
- : Pinto Valley. Min. Mag. 133, 344–351, London 1975.
- : Polish Copper. – Min. Mag. 137, 500–506, London 1977.
- : Australian Mineral Industry 1975 Review. – VIII+421 S., Canberra 1977.
- : Tara: largest European lead and zinc mine has begun production. – World Min. 30, 42–44, San Francisco 1977.
- : South African Metals and Minerals. – Met. Bull. Suppl. (April) 1978.
- : Australien erschließt seine Bodenschätze. – Umschau 78, 304–308, Stuttgart 1978.
- : Australian Mineral Resources. – 75 S., Canberra 1979.
- O'BRIEN, M. V., ROMER, D. M.: TARA geologists describe Navan discovery. – World Min. 24, 38–39, San Francisco 1971.
- OLADE, M. A.: Precambrian metallogeny in West Africa. – Geol. Rdsch. 69, 411–428, Stuttgart 1980.
- ÖNORM G 1042 Lagerstättenkundliche Begriffe. – Begriffe der Erzlagerstättenkunde.
- ÖNORM G 1041 Lagerstättenkundliche Begriffe. – Allgemeine Begriffe für feste mineralische Rohstoffe.
- OSIKA, R.: Les richesses minérales de la Pologne. – Ann. Min. France 35–54, Paris 1969.
- ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT, ed.: Der Außenhandel Österreichs 1971, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1 A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 248 S., Wien 1972.
- : Der Außenhandel Österreichs 1975, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1 A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 299 S., Wien 1976.
- : Der Außenhandel Österreichs 1977, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1 A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 303 S., Wien 1978.
- : Der Außenhandel Österreichs 1978, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1 A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 313 S., Wien 1979.
- : Der Außenhandel Österreichs 1978, Gesamtjahr, Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised 2). – 142 S., Wien 1979.
- : Der Außenhandel Österreichs 1979, Gesamtjahr, Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised 2). – 152 S., Wien 1980.
- : Der Außenhandel Österreichs 1971, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised). – 110 S., Wien 1972.
- : Der Außenhandel Österreichs 1975, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised). – 115 S., Wien 1976.
- : Der Außenhandel Österreichs 1977, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised). – 121 S., Wien 1978.
- : Der Außenhandel Österreichs 1979, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1 A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 336 S., Wien 1980.
- : Industriestatistik 1971, 1. Teil; Mengen und Werte der Produktion in detaillierter warenmäßiger Gliederung, Beschäftigte und Energieverbrauch, mit Vergleichszahlen für 1970. – 301. Heft. – 144 S., Wien 1972.
- : Industriestatistik 1975, 1. Teil. – Beiträge zur Österreichischen Statistik. – Heft 432. – 171 S., Wien 1976.
- : Industriestatistik 1977, 1. Teil. – Beiträge zur Österreichischen Statistik. – Heft 511. – 174 S., Wien 1978.
- : Industriestatistik 1978, 1. Teil. – Beiträge zur Österreichischen Statistik. – Heft 544. – 174 S., Wien 1979.
- : Industriestatistik 1979 1. Teil. – Beiträge zur Österreichischen Statistik, im Druck.
- PARKS, F. N., et al.: What lies ahead for Brazilian Mineral Development. – Min. Engng. 29, 40–41, New York 1977.
- PAULY, E.: Pegmatite in Nord-Portugal, Geologie und wirtschaftliche Bedeutung. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 19, 81–85, Clausthal-Zellerfeld 1967.
- PELT, P. F. J.: The Boke' Bauxite Mining and Infrastructure Project. – Erzmetall 30, 158–161, Stuttgart 1977.
- PELTO LA, E., et al.: How a computer was used in evaluating the Vuonos nickel deposit in Finland. – World Min. 24, 58–61, San Francisco 1971.
- PETERS, W. C.: Exploration and mining geology. – XII + 696 S., John Wiley & Sons, New York 1978.
- PETRASCHECK, W. E.: Lagerstättenlehre. – 2. Aufl., 374 S., Springer, Wien 1961.
- PETRASCHECK, W. E., KRALIK, M., RANZENBACHER, A.: The Strata-Bound Magnesite Deposit of Eugui-

- Asturetta in the Spanish Pyrenees. – in: KLEMM, D. D., SCHNEIDER, H.-J., ed: Time- and Strata-Bound Ore Deposits 254–259, Springer, Heidelberg 1977.
- PETRICEC, V.: Pegmatite von Rwanda. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 19, 101–107, Clausthal-Zellerfeld 1967.
- PFEUFER, J.: Das Schwefelerzvorkommen am Silberberg bei Bodenmais (Bayerischer Wald). – Erzmetall 29, 340–355, Stuttgart 1976.
- POHL, W.: Geologie und Lagerstätten Rwandas (Zentralafrika). – Berg- u. Hüttenm. Mh. 120, 244–252, Wien 1975.
- POUIT, G.: Die Manganerzlagerstätten von Marokko vom subvulkanisch-sedimentären Typ und in Transgressionsschichten des Karbon. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 22, 99–100, Clausthal-Zellerfeld 1969.
- PROKOP, F. W.: The Downward Trend of the Average Ore Grade in Workable Copper Deposits. – Erzmetall 26, 347–352, Stuttgart 1973.
- PROKOP, F. W., SCHIEBEL, W.: Über eine neue Blei-Zink-Erzlagerstätte in der Provinz Trabzon am Schwarzen Meer, Türkei. – Erzmetall 25, 317–322, Stuttgart 1972.
- PUTZER, H.: Beryll- und Lithiumerz-Pegmatite in Brasilien. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 19, 127–134, Clausthal-Zellerfeld 1967.
- : Die sedimentären Manganerzlagerstätten von Nikopol und Tschiaturi in der Sowjet-Union. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 22, 81–83, Clausthal-Zellerfeld 1969.
- : Mineralische Rohstoffe in Mocambique. – Erzmetall 23, 327–336, Stuttgart 1970.
- : Das Itabirit-Revier „Serra dos Carajás“, Pará, Brasilien. – Erzmetall 24, 7–11, Stuttgart 1971.
- QUADE, H.: Vorkommen und Bedeutung von Manganerzlagerstätten in alten Schilden. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 22, 103–114, Clausthal-Zellerfeld 1969.
- QUEENSLAND NICKEL PROPRIETARY, ed.: Le projet de Greenvale concernant le nickel. – Rev. Ind. Miner. 57, 91–98, Paris 1975.
- RACHAMALLA, K. S., et al.: The Ontario zinc industry on a global scene and various government policies. – Inst. Min. Metall., Proc. 11th.
- RAMDOHR, P., STRUNZ, H.: Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie. – 16. Aufl., 816 S., 631 Abb., Zahlr. Tab., Enke, Stuttgart 1978.
- REINTGES, H., SCHORN, P., et al.: Jahrbuch für Bergbau, Energie, Mineralöl und Chemie 1978/79. – 1020 S., Glückauf, Essen 1979.
- REUTHER, E.-U.: Zur Bergwirtschaft Brasiliens. – Glückauf 109, 683–689, Essen 1973.
- REUTHER, E.-U., BASSIR, S. H.: Bergbau in Iran. – Glückauf 111, 988–994, Essen 1975.
- REYNARD, P.: L'industrie minière au Zaïre. – Rev. Ind. Minér. 57, 183–189, Paris 1975.
- ROLAND, N. W.: Kuba. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XVIII, 125 S., Hannover 1978.
- RÖMPPS Chemie Lexikon. – 7. Aufl. Bd. 1–6, Frankh, Stuttgart 1972–1977.
- ROUTHIER, P.: Ou sont les metaux pour l'avenir? – Mem. B. R. G. M. 105, Orleans 1980.
- SAFIANNIKOFF, A., v. WAMBEKE, L.: Der Pegmatit von Kobokobo und die übrigen Pegmatitstücke und -gänge im Raum Kamituga, Kivu, Republik Kongo. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 19, 119–126, Clausthal-Zellerfeld 1976.
- SCHELLMANN, W.: Formation of and prospecting for tropical bauxite above silicate rocks. – Min. Mag. 133, 33–39, London 1975.
- SCHLOSSMACHER, K.: Edelsteine und Perlen. – 4. Aufl., 368 S., Schweizerbart, Stuttgart 1965.
- SCHMIDT, H. L.: Indonesien. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. X, 118 S., Hannover 1976.
- SCHMIDT, W. J.: Die Chromitvorkommen von Basören, Mittelanatolien. – Berg- u. Hüttenm. Mh. 98, 53–56, Wien 1953.
- : Chromitvorkommen im westlichen Zentralanatolien. – Mont. Rdsch. 258–261, Wien 1954.
- SCHMIDT-THOMÉ, M.: Vereinigte Staaten von Amerika – Zink. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. II, 87 S., Hannover 1972.
- SCHMITZ, K.: Der Kupfererzbergbau in den Anden. – Glückauf 106, 856–862, Essen 1970.
- SCHMITZ, N.: Die Blei-Zinkerz-Lagerstätte Kushk in Zentraliran. – Erzmetall 26, 490–496, Stuttgart 1973.
- SCHNEIDER, H.-J., DULSKI, P., et al.: Correlation of Trace Element Distribution in Cassiterites and Geotectonic Position of their Deposits in Bolivia. – Mineral. Deposita 13, 119–122, Berlin 1978.
- SCHNEIDER, H.-J., LEHMANN, B.: Contribution to a New Genetical Concept of the Bolivian Tin Province. – in: KLEMM, D. D., SCHNEIDER, H. J., ed.: Time- and Strata-Bound Ore Deposits, 153–168, Springer, Heidelberg 1977.
- SCHNEIDER, W.: Bodenschätzungen im nordwestlichen Pakistan. – Aufschluß 27, 147–154, Heidelberg 1976.
- SCHRÖDER, G.: Lagerstätten nutzbarer Minerale im Staat Oaxaca, Mexiko. – Erzmetall 23, 58–64, Stuttgart 1970.
- SCHROEDER, G.: Der Zinnerzbergbau in Cornwall. – Erzmetall 30, 309–313, Stuttgart 1977.
- SCHWARTZ, M.: Gabun, VR Kongo und Kamerun. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. IX, 74 S., Hannover 1976.
- SIEGERS, A.: Uranlagerstätten in den USA. – Erzmetall 27, 274–280, Stuttgart 1974.

- SILLITOE, R. H., et al.: Geology of the Saindak porphyry copper deposit, Pakistan. – Trans. Inst. Min. Metall. 867, B 27–B 42, 1977.
- SIMON, W.: Die Bodenschätzungen des Westharzes. – Dt. Bunsen-Ges. Phys. Chemie, Programmheft zur 54. Hptvers., Goslar 1955.
- SINGLETON, R. H.: Potash. – U. S. Dept. Int., Bureau of Mines, MPC 11, Washington 1978.
- SKINNER, B. J.: A second iron age ahead? – Amer. Scientist 64, 3, 258–269, 1976.
- STAMPER, J. W., et al.: Aluminium. – U. S. Dept. Int., Bureau of Mines. MPC 14, Washington 1978.
- STEINER, L.: Japan. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. I, 148 S., Hannover 1972.
- : Indien. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XX, 155 S., Hannover 1979.
- STERK, G., WEBER, L.: Neue Rohstoffaktivitäten in Österreich. – Berg- u. Hüttenm. Mh. 124, 456–464, Wien 1979.
- STONE, W. I. D.: An integrated mining and chemical plant complex for various strontium und barium products. – Canad. Min. Metall. Bull. 62, 1083–1086, Quebec 1969.
- STRANZ, B., FETTWEIS, G. B., BRAND, W.: Überlegungen zur Verfügbarkeit fester Energierohstoffe. – Glückauf 116, 1035–1042, Essen 1980.
- STRAUSS, G. K., MADEL, J.: The Tharsis Sulphur & Copper Company. – Neue Entwicklungen und Ziele im alten spanischen Kiesbergbau. – Erzmetall 27, 561–573, Stuttgart 1974.
- : The Tharsis Sulphur & Copper Company. – Neue Entwicklungen und Ziele im alten spanischen Kiesbergbau. – Erzmetall 28, 30–36, Stuttgart 1975.
- : Geology of Massive Sulphide Deposits in the Spanish-Portuguese Pyrite Belt. – Geol. Rdsch. 63, 191–211, Stuttgart 1974.
- STRECK, W.: Exploration auf Alluvialgold in Bolivien. – Erzmetall 24, 177–181, Stuttgart 1970.
- STUMPFL, E. F.: The genesis of platinum deposits: further thoughts. – Mineral. Sc. and Engng. 6, 120–141, Johannesburg 1974.
- STUMPFL, E. F.: Sediments, ores, and metamorphism: new aspects. – Phil. Trans. R. Soc. Lond. A. 286, 507–525, London 1977.
- STUMPFL, E.: Precambrian stratabound base metal deposits in Namaqualand, South Africa. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 33, 101–112, Clausthal-Zellerfeld 1979.
- SYLVESTER, A.: Mining in Thailand. – Min. Mag. 122, 256–263, London 1970.
- : Israeli potash production. – Min. Mag. 124, 391–397, London 1971.
- TAUPITZ, K. C.: Der Bergbau Rhodesiens. – Glückauf 109, 1275–1286, Essen 1973.
- : Die erzführenden Pegmatite des „Zambezi Mobile Belt“ (I). – Erzmetall 31, 61–70, Stuttgart 1978.
- : Die erzführenden Pegmatite des „Zambezi Mobile Belt“ (II). – Erzmetall 31, 133–137, Stuttgart 1978.
- : „Schichtgebundene“ pegmatitische und pneumatolytische Lagerstätten von Sn, Ta, Nb, W, Be und Li im Kamativi Belt, Rhodesien. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 33, 179–181, Clausthal-Zellerfeld 1979.
- THURMOND, R. E.: Anvil Mining. – Min. Mag. 124, 352–357, London 1971.
- TRURNIT, P.: Sambia. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XXI, 167 S., Hannover 1979.
- TUFAR, W.: WEYL, Evolution der Lagerstätten. – Gießener Geologische Schriften 12, Festschrift RICHARD WEYL, 383–428, Gießen 1977.
- ULLMANN'S Encyklopädie der Analytischen Chemie. – Band 1 bis 19 + Erg. Bd., Urban & Schwarzenberg, München-Berlin, 1951–1970.
- ULLMANN'S Encyklopädie der technischen Chemie. – 4. Aufl. Band 1 bis 4 und 7 bis 17, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr. 1972–1979.
- UMBGROVE, J. H. F.: The Pulse of the Earth. – 2. Aufl., 358 S., 8 Taf., 204 Abb., 12 Tab., Martinus Nijhoff, Den Haag 1947.
- URBAN, H.: Zur Kenntnis der präkambrischen, schichtgebundenen Molybdänvorkommen in Südnorwegen. – Geol. Rdsch. 63, 180–190, Stuttgart 1974.
- U. S. BUREAU OF MINES.: Mineral facts and problems. – Edited by the staff, Bureau of Mines, Bull. 667, Washington 1975.
- : Mineral Commodity Summaries 1980–1981 S., U. S. Department of the Interior, Washington 1979.
- : Minerals Yearbook 1976. – Vol. II, Area Reports: Domestic. – 838 S., U. S. Department of the Interior, Washington 1979.
- UYTENBOGAARDT, W.: Die präkambrischen Pegmatite von Norwegen, Schweden und Finnland. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 19, 71–80, Clausthal-Zellerfeld 1967.
- VARLAMOFF, N.: Die Beryll- und Lithiumpegmatite von Rwanda, vom Kongo und von Madagaskar. – Schriften Ges. Dt. Metallh. Bergleute e. V. 19, 87–100, Clausthal-Zellerfeld 1967.
- VERED-WEISS, J., et al.: How Timna copper mines increased output and raised worker efficiency. – World Min. 24, 36–41, San Francisco 1971.
- WAGNER, H.: Kanada – Blei/Zink. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. VII, 90 S., Hannover 1975.
- : Rumänien. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XIII, 176 S., Hannover 1977.
- : Polen. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XIX, 144 S., Hannover 1978.

- WALLACE, S. R.: The Henderson ore body, elements of discovery, reflections. – Min. Engng. 34–36, New York 1975.
- WATTS, M.: Exploration and development of the Fluorite-Tin-Tungsten deposits of Lost River Mining Corporation Ltd., Alaska. – Can. Min. Metall. Bull. 67, 154–156, 1974.
- WENDT, W.: Molybdänitgewinnung als Nebenprodukt der Kupferproduktion (Die Molybdänanlagen El Salvador und Cuquicamata in Chile). – Erzmetall 23, 431–438, Stuttgart 1970.
- WETTIG, E.: Die Minerallagerstätten von Alaska und ihre wirtschaftliche Bedeutung seit 1880. – Erzmetall 29, 165–171, Stuttgart 1976.
- WILKE, A.: Metallerzlagerstätten und Bergbau Irlands. – Erzmetall 24, 314–323, Stuttgart 1971.
- WINKHAUS, G., BIELFELDT, K.: Nicht-bauxitische Rohstoffe für die Aluminiumindustrie. – Aluminium 51, 631–633, 1975.
- WOLFF, F.: Philippinen. – Rohstoffwirtschaftl. Länderber. XV, 190 S., Hannover 1978.
- WOLFF, H.: Der untermeerische Bergbau in Japan. – Erzmetall 26, 342–347, Stuttgart 1973.
- : Die bergbauliche Entwicklung in Ghana. – Erzmetall 27, 495–500, Stuttgart 1974.
- WYLLIE, R. J. M.: Finlands geology and mines. – World Min. 31, 37–41, San Francisco 1978.
- YOUSEF, A. A. et al.: Egypt's mineral resources. – Min. Mag. 265–269, London 1972.
- ZIEHR, H., MATZKE, K., OTT, G., VOUTTSIDIS, V.: Ein stratiformes Fluoritvorkommen im Zechsteindolomit bei Eschwege und Sontra in Hessen. – Geol. Rdsch. 69, 325–348, Stuttgart 1980.
- ZITZMANN, A., ed.: The Iron Ore Deposits of Europe and adjacent Areas. – II., 386 S., Hannover 1978.

DEFINITIONEN UND ERKLÄRUNG HÄUFIG GEBRAUCHTER FACHAUSDRÜCKE

- Alkaligranit**, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).
- Alpiden**, aus der alpinen Geosynklinale in der Oberkreide bis Alttertiär aufgefalteter Gebirgszug.
- Alter Schild**, präkambrische, aus zahlreichen alten Orogenzonen zu einem polymetamorphen, starren Kristallinkomplex verschmolzene Bereiche der Erdkruste, die seit dem Präkambrium nur mehr eine Vertikalbewegung erfahren haben.
- Amphibolit**, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Grünschiefern entstandenes, höhermetamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7), das im wesentlichen aus Amphibolen zusammengesetzt ist.
- Andesit**, magmatisches Gestein, Vulkanit (vgl. Tabelle 6).
- Angedeutete Vorräte**, solche Vorräte, die durch Aufschlüsse im weiten Abstand oder durch verlässliche geophysikalische Indikationen erkundet sind (vgl. Tabelle 5).
- Anorganogenes Sediment**, Absatzgestein, das ohne Mitwirkung von Organismen entstanden ist (vgl. Tabelle 8).
- Aquatisch**, Bezeichnung für Ablagerungen, die unter Wasser gebildet wurden.
- Aplit**, magmatisches Gestein, Ganggestein (vgl. Tabelle 6).
- Bauwürdig**, Bezeichnung jener Lagerstättenvorräte, die, gemessen an den Maßstäben des Bewertungszeitpunktes, einer Gewinnung wert sind (vgl. ÖNORM G 1041).
- Brekzie**, verfestigter Schutt.
- Chalkophil**, Bezeichnung für Elemente, die vorzugsweise als Schwefelverbindungen auftreten.
- Chemisches Sediment**, Absatzgestein, das durch chemische Reaktionen entstanden ist (vgl. Tabelle 8).
- Dazit**, magmatisches Gestein, Vulkanit (vgl. Tabelle 6).
- Derberz**, Erz mit geringem Gangart- oder Lagerartgehalt.
- Demonstrated reserves**, im Sinne des US Bureau of Mines verwendeter Ausdruck für die Summe der Vorräte der Kategorie measured und indicated (siehe diese; vgl. Tabelle 5).
- Diabas**, magmatisches Gestein, Vulkanit (vgl. Tabelle 6).
- Diapir**, säulen- oder pilzförmiger Körper, entstanden durch die Verfrachtung des Lagerstätteninhaltes aus dem ursprünglichen Ablagerungsraum nach oben.
- Diorit**, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).
- Disseminiert**, Bezeichnung für das Vorkommen von Mineralen in fein eingesprengter Form.
- Dolerit**, magmatisches Gestein, Vulkanit (vgl. Tabelle 6).
- Dom**, konvexe geologische Struktur mit allseitig nach außen gerichtetem Fallen und kreisförmigem bis elliptischem Grundriß.
- Dunlt**, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).
- Eiserner Hut**, oberster, meist reichlich limonitführender Bereich der Oxidationszone von sulfidischen oder karbonatischen Lagerstätten.
- Eklogit**, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Amphiboliten entstandenes hochmetamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).
- Epigenetisch**, nach der Bildung des Nebengesteins erfolgte Mineralisation.
- Euxinisch**, sauerstoffarmes, schwefelwasserstofffreies Ablagerungsmilieu.
- Evaporit**, Absatzgestein, das durch Verdampfung des Lösungsmittels entstanden ist (vgl. Tabelle 8).
- Fazies**, Gesamtheit der geologischen Merkmale eines geologischen Körpers.
- Fluviatil**, Bezeichnung für Ablagerungen, die von Flüssen gebildet werden.
- Fossil**, als Versteinerung erhalten oder (Gegenteil von rezent) aus der geologischen Vergangenheit stammend.
- Gabbro**, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).
- Gang**, vollständige oder teilweise Mineral- oder Gesteinsfüllung einer durch geologische Vorgänge entstandenen Spalte, die sich nach Stoff und/oder Gefüge vom Nebengestein unterscheidet.
- Gangart**, nicht genutzte Minerale in Ganglagerstätten.
- Ganggestein**, in Gängen erstarrtes magmatisches Gestein.
- Gedegen**, Bezeichnung für feste oder flüssige Stoffe, die in der Natur in elementarem Zustand vorkommen.
- Geosynklinale**, mobiler, in Senkung begriffener Teil der Erdkruste, der mit Sedimenten ausgefüllt wird, aus dem durch spätere Einengungsvorgänge ein Gebirge (Orogen) entsteht.
- Geschichtet**, Bezeichnung für geologische Körper, die ein mit ihrem Nebengestein übereinstimmendes Streichen und Fallen sowie eine flächige Textur aufweisen.
- Glimmerschiefer**, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung überprägtes, höhermetamorphes Gestein, welches aus Phylliten entstanden ist (vgl. Tabelle 7).
- Granitgneis**, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Graniten entstandenes metamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Granodiorit, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).

Granit, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).

Granitporphyrit, magmatisches Gestein, Ganggestein (vgl. Tabelle 6).

Granulit, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Granitgneisen entstandenes, hochmetamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Greisen, durch pneumatolytische Vorgänge veränderter Granit, welcher örtlich reiche Erzführung aufweist.

Grünschiefer, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Basalten entstandenes, metamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Höfig, Bezeichnung für Bereiche, in denen gewinnbare Mineralisationen erwartet werden können.

Hot brines, heiße, hochmineralisierte wässrige Lösungen.

Hydrothermale Vererzung, Mineralisation, welche durch Auskristallisieren aus heißen oder warmen wässrigen Lösungen entstanden ist.

Hypothetical resources, im Sinne des US Bureau of Mines verwendeter Ausdruck jener noch unentdeckten Ressourcen gleichartiger, bereits bekannter Lagerstättenkörper, von welchen angenommen werden darf, daß sie im gleichen Gewinnungsgebiet oder unter gleichartigen geologischen Bedingungen auch außerhalb davon auftreten. Sobald ihre Existenz durch die Exploration bestätigt ist und genügend Information über deren Qualität, Gehalt und Menge vorhanden sind, rücken sie zu den „identified resources“ auf (vgl. Tabelle 5).

Identified resources, im Sinne des US Bureau of Mines verwendeter Ausdruck für jene Vorräte, deren räumliche Lage, Gehalt, Qualität und Menge bekannt sind oder auf Grund spezieller geologischer Hinweise abgeschätzt werden können. Sie beinhalten die im amerikanischen Sinne gebräuchlichen reserves, marginal reserves und subeconomic resources. Alle diese können durch die Bezeichnungen: measured, indicated und inferred näher definiert werden (vgl. Tabelle 5).

Imprägnation, epigenetische Mineralfüllung von Gesteinporen und/oder anderen kleinen Hohlräumen.

Imprägnationslagerstätten, durch Imprägnation entstandene Lagerstätten.

Indicated reserves, solche Vorräte, deren Menge und Qualität aus spezifischen Messungen, Probenahmen und Produktionsdaten und zum Teil durch geologisch begründete Projektionen berechnet sind. Die Erkundung reicht noch nicht aus, die Lagerstätten einwandfrei zu begrenzen bzw. die Gehalte endgültig zu bestimmen.

Inferred reserves, solche Vorräte, von denen keine oder nur wenige Aufschlüsse für Mächtigkeitsmessungen und Probenahmen existieren. Schätzungen basieren auf allgemeiner Kenntnis des geologischen Charakters und auf angenommener Stetigkeit im Aushalten der Lagerstätte und auf Analogieschlüssen.

Kaledoniden, aus der kaledonischen Geosynklinalen, im Ordoviciun bis Unterdevon aufgefalteter Gebirgszug.

Kalk, aus karbonatischen Mineralen aufgebautes, durch Sedimentation entstandenes Gestein.

Kalkglimmerschiefer, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Kalkphylliten entstandenes, höhermetamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Kalkmarmor, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus kristallinen Kalken entstandenes, höher- bis hochmetamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Kalkphyllit, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Mergeln entstandenes, metamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Kalksilikatfels, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Kalkglimmerschiefern entstandenes, hochmetamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Kalkulatorische Vorräte, solche Vorräte, die sich aus der Summe der Vorräte A und B und gegebenenfalls zusätzlich auch aus C₁ zusammensetzen (vgl. ÖNORM G 1041).

Karbonatit, magmatisches Gestein.

Kimberlit, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).

Klastisches Sediment, Absatzgestein, welches durch Zerbrechung und mechanische Aufarbeitung von Gesteinen entstanden ist. Je nach Korngröße wird unter Psephiten (Kiese), Psammiten (Sande) und Peliten (Tone) unterschieden (vgl. Tabelle 8).

Kluft, nicht oder nur wenig geöffnete Gesteinsfuge, längs der keine wesentlichen Bewegungen stattfanden.

Kieslager, geschichtetes Erzlager, in dem die Sulfide des Eisens und Kupferkies als Hauptminerale auftreten.

Kraton, siehe Alter Schild.

Kristallin, aus metamorphen oder magmatischen Gesteinen aufgebauter geologisch-tektonischer Komplex.

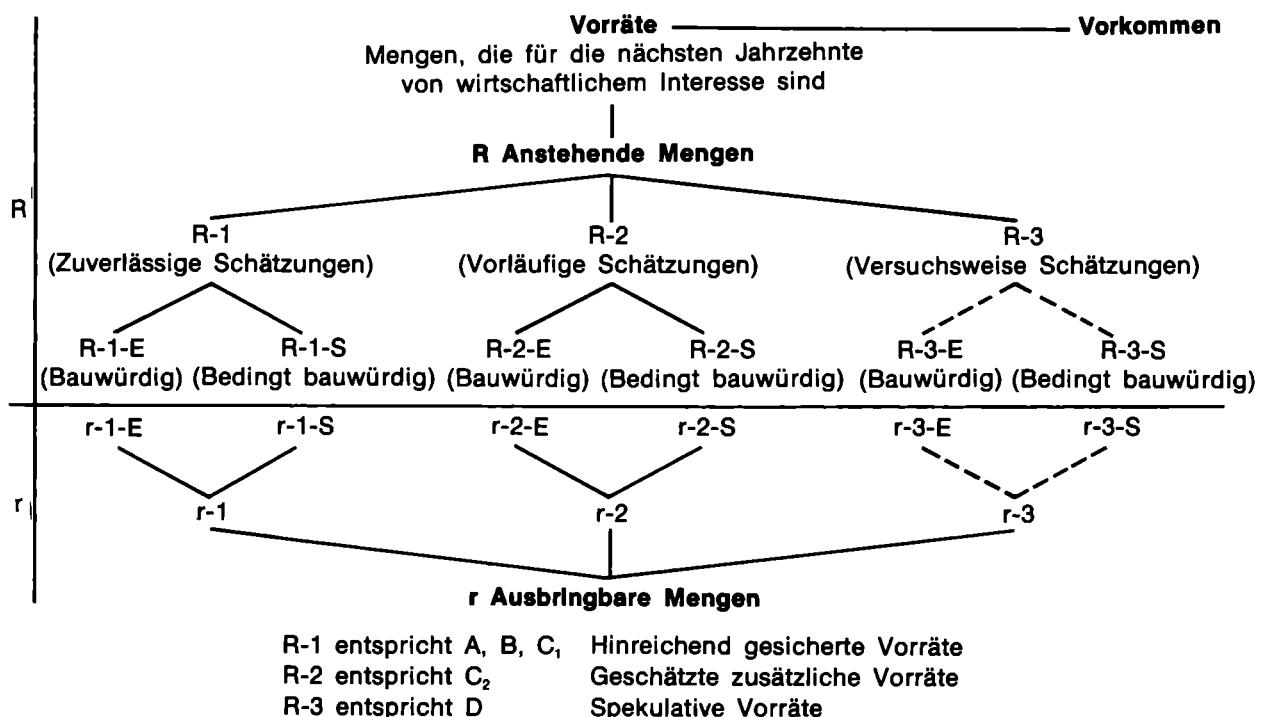
Kristalliner Kalk, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Kalken entstandenes metamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Lager, schichtartiger Lagerstättenkörper von oft schwankender Mächtigkeit und unterschiedlich scharfer Begrenzung gegen das Liegende, der häufig auch eine – relativ zu seiner Ausdehnung – erhebliche Mächtigkeit aufweist.

Vorratsklassifikationssysteme für Lagerstätten fester mineralischer Rohstoffe

ÖNORM		GDMB (BRD)	Internationale Einteilung	Einteilung nach dem US BUREAU OF MINES			
bauwürdig	potentiell						
sicher A	a	sicher A	sicher, nachgewiesen (visible, proven, proved)	measured			
wahrscheinlich B	b	wahrscheinlich B	wahrscheinlich probable		demonstrated		
angedeutet C ₁	C ₁	angedeutet C ₁		indicated		identified reserves	
vermutet C ₂	c ₂	vermutet C ₂	möglich		inferred		
prognostisch d		prognostisch D		hypothetical		undiscovered resources	
					speculativ		

Internationales Klassifikationssystem für Vorräte mineralischer Rohstoffe der Vereinten Nationen 1979



Nach STRANZ, B., FETTWEIS, G. B., et al., 1980

Tabelle 5: Vorratsklassifikationssysteme

Lagerart, nicht genutzte Begleitminerale in lagerförmigen Lagerstätten.

Lagerstätte, geologischer Körper, in dem ein mineralischer Rohstoff oder mehrere mineralische Rohstoffe angereichert vorliegen und der für eine wirtschaftliche Nutzung in Frage kommen kann (vgl. ÖNORM G 1041).

Lagerstättentyp, auf den geologischen Rahmen und das Erscheinungsbild bezogene Art von Lagerstätten.

Lagerstättenvorrat, Menge mineralischer Rohstoffe, die unter bestimmten Voraussetzungen Gegenstand bergbaulicher Gewinnung sein kann (vgl. auch Tabelle 7 bzw. ÖNORM G 1041).

Lakustrisch, Ablagerungen, die in Seen gebildet wurden

Laterit, Produkt der tropischen bis subtropischen Gesteinverwitterung, das sich neben der beträchtlichen Verarmung an Kieselsäure, Alkalien und Erdalkalien durch eine deutliche Anreicherung von Eisen, häufig auch von Aluminium, auszeichnet.

Limnisch, vergleiche Iakustrisch.

Liparit, magmatisches Gestein, Vulkanit (vgl. Tabelle 6).

Liquidmagmatische Phase, Auskristallisieren der schwerflüchtigen mineralischen Gemengteile aus einer Gesteinsschmelze.

Lithophill, Bezeichnung für Elemente, die vorwiegend im Erdmantel auftreten (O, Si, Al, Ca, Mg, Mn, K, Na, Zr, Ti, SE).

Magmatit, aus Schmelzflüssen (Magma) unterhalb oder auf der Erdoberfläche erstarrtes Gestein.

Marin, Bezeichnung für Ablagerungen, die im Meere gebildet wurden.

Measured reserves, solche Vorräte, deren Qualität durch detaillierte Bemusterung bekannt ist; die Lagerstätte ist durch bergmännische Arbeiten oder durch Bohrungen (sowie Kombinationen) aufgeschlossen. Die Punkte für Untersuchungen, Probenahme und Messungen sind so eng beieinander, und der geologische Charakter ist so gut bekannt, daß der Mineralinhalt einwandfrei festgestellt werden kann. Abweichungen in der Vorratsmenge oder in Gehaltsangaben schwanken bis zu 20%.

	Plutonite	Ganggesteine	Vulkanite
Ultrabasite	Peridotit Pyroxenit Dunit Kimberlit		
Feldspäte:			
Plagioklase	Alkalifeldspäte		
Gabbro			Basalt, Diabas Dolerit
Norit			
Diorit	Monzonit	Monzonitporphyr	Andesit
Quarzdiorit	Syenit	Syenitporphyr	Trachyt Dazit
Granodiorit		Granitporphyr	Rhyodazit
Granit	Alkaligranit	Aplit, Pegmatite (Kristallisat aus Restschmelzen)	Liparit, Rhyolith

Tabelle 6: Einteilung der Magmatite

Mergel, aus tonigen und karbonatischen Mineralen aufgebautes, durch Sedimentation entstandenes Gestein.

Metamorphose, durch Einwirkung von Temperatur und Druck entstandene Umwandlung des Ausgangs-

gesteins bei gleichzeitiger Neubildung von Mineralen ohne Stoffzufuhr.

Metamorphit, durch Metamorphose (siehe diese) entstandenes Gestein.

Ausgangsgestein (Auswahl)	metamorphes Endprodukt		
	Epizone 100–300°C, geringer Druck	Mesozone 300–500°C, mittlerer Druck	Katazone 500–800°C, hoher Druck
Ton	Phyllit	Glimmerschiefer	Paragneis
Mergel	Kalkphyllit	Kalkglimmerschiefer	Kalksilikatfels
Kalk	krist. Kalk	Kalkmarmor	
Granit	Granitgneis		Granulit
Basalt	Grünschiefer	Amphibolit	Eklogit

→ steigende Druck- und Temperaturverhältnisse

Tabelle 7: Einteilung der Metamorphe

Metasomatose, Veränderung des Mineralbestandes eines Gesteins unter mengenmäßig wesentlicher Stoffzufuhr (allochem).

Mineral, im chemischen und physikalischen Sinn homogener, unbelebter Naturkörper mit Ausnahme gasförmiger Stoffe.

Mineralisation, natürliches Vorhandensein von Mineralen oder der Vorgang der Mineralbildung ohne Aussage über Zeit und Art des Vorganges.*

Mineralparagenese, natürliche Gesellschaft von Mineralen, die unter jeweils bestimmten chemisch-physikalischen Bedingungen gemeinsam entstanden ist.

Mögliche Vorräte, solche Vorräte, die sich aus den angedeuteten und vermuteten Vorräten zusammensetzen (vgl. Tabelle 5).

Monomineralisch, aus einem einzigen Erzmetall (Mineral) bestehend.

Monomikt, aus einem einzigen Gemengteil (Mineral) bestehend.

Monzonit, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).

Monzonitporphyr, magmatisches Gestein, Ganggestein (vgl. Tabelle 6).

Nachgewiesene Vorräte, siehe sichere Vorräte.

Norit, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).

Ooid, mehr oder weniger kugeliges Gebilde, das aus einem meist organogenen Korn („Kern“) und einer konzentrischen Ablagerung einer oder mehrerer Schalen besteht.

Oolith, überwiegend aus Ooiden (siehe Ooid) aufgebautes Gestein.

Organogenes Sediment, Absatzgestein, das unter Mitwirkung von Organismen entstanden ist (vgl. Tabelle 8).

Orogen, aus einer Geosynklinalen zu einem Gebirge aufgefaltete mobile Zone der Erdkruste.

Oxidat, Absatzgestein, das durch Oxidation entstanden ist (vgl. Tabelle 8).

Palingenese (pallingen), Wiederaufschmelzung von Gesteinen als Stadium der höchsten Metamorphose.

Paragenese, siehe Mineralparagenese.

Paragneis, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Glimmerschiefern entstandenes, hochmetamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Pegmatit, siehe Ganggesteine.

Pegmatische Phase, Absatz von (Erz-) Mineralen in Klüften aus wässrigen Lösungen oberhalb der kritischen Temperatur des Wassers.

Peridotit, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).

Phyllit, durch Druck- und Temperaturbeanspruchung aus Tonen entstandenes, metamorphes Gestein (vgl. Tabelle 7).

Plutonit, unterhalb der Erdoberfläche erstarrtes magmatisches Gestein.

Pneumatolytische Phase, Absatz von (Erz-) Mineralen in Klüften aus wäßrigen Lösungen oberhalb der kritischen Temperatur des Wassers unter Mitwirkung von Gasen und Dämpfen.

Polymetallisch, aus mehreren Erzmetallen (Mineralen) bestehend.

Polymetallische Lagerstätte, Lagerstätte, in der mehrere Metalle angereichert vorliegen.

Polymikt, aus mehreren Gemengteilen (Mineralen) bestehend.

Porphyrische Lagerstätte, siehe Imprägnationen.

Potentielle Vorräte, solche Vorräte, die derzeit nicht wirtschaftlich gewonnen werden können, von denen aber angenommen wird, daß sie in Zukunft für eine Nutzung in Betracht kommen (vgl. Tabelle 5 bzw. ÖNORM G 1041).

Präzipitat, Absatzgestein, das durch Änderung der Zustandsbedingungen von Lösungen ausgefällt worden ist.

Probable reserves, solche Vorräte, die von zwei Seiten aufgeschlossen oder an aufgeschlossene Lagerstätten anschließen (internationale Einteilung, entsprechen den wahrscheinlichen Vorräten der entsprechenden ÖNORM G 1041 bzw. GDMB, vgl. Tabelle 5).

Prognostische Vorräte, solche Vorräte, die aus der Kenntnis der geologischen und lagerstättenkundlichen Möglichkeiten und Analogien abgeleitet werden können (vgl. Tabelle 5 bzw. ÖNORM G 1041).

Proved reserves, siehe visible reserves.

Proven reserves, siehe visible reserves.

Pyroxenit, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).

Quarzdiorit, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).

Quarzit, metamorph überprägte, verfestigte Quarzsande.

Reserve base (Reservenbasis), im Sinne des US Bureau of Mines verwendeter Ausdruck für jenen Teil der „identified resources“, der den geringen physikalischen und chemischen Anforderungen der derzeit bestehenden Bergbau- und Gewinnungsmethoden entspricht – einschließlich derjenigen des Gehaltes, der Qualität, Mächtigkeit und Tiefe, jedoch ohne Berücksichtigung der derzeit wirtschaftlichen Erfordernisse der Gewinnungs- und Verarbeitungsmethoden gewinnbar sind. Der Begriff „reserve base“ entspricht den „demonstrated“ (measured and indicated resources), von welchen die Reserven abgeschätzt werden können. Er umfaßt diese Teile

der Ressourcen, welche möglicherweise wirtschaftlich innerhalb eines langfristigen Planungszeitraumes gewonnen werden können. Das sind solche, die derzeit bereits wirtschaftlich und, als auch solche, welche nur bedingt wirtschaftlich sind (marginal reserves), aber auch solche, die derzeit unwirtschaftlich sind (subeconomic resources).

Reserven, siehe Lagerstättenvorrat.

Residuat, unlösliches Rückstandsgestein der chemischen Verwitterung.

Ressource, Anreicherung eines natürlich vorkommenden festen, flüssigen oder gasförmigen Rohstoffes in oder auf der Erdkruste in solcher Art und Menge, daß die wirtschaftliche Gewinnung dieser Konzentration derzeit oder in Zukunft möglich ist.

Rezent, in der geologischen Jetzzeit gebildet (Gegen teil von fossil).

Rhyodazit, magmatisches Gestein, Vulkanit (vgl. Tabelle 6).

Rhyolith, magmatisches Gestein, Vulkanit (vgl. Tabelle 6).

Schichtgebundene Vererzung, innerhalb einer Schicht lager-, kluft- oder stockförmig auftretende Mineralisation.

Schlieren, faden-, streifen- oder linsenförmige, häufig diffus begrenzte Erzanhäufung.

Sedimentär, durch Ablagerung entstanden.

Sedimentgestein (Sedimente), an der Erdoberfläche durch Verwitterung und Abtragung abgelagertes Gestein (vgl. Tabelle 8).

Seife, aus der Verwitterung von Gesteinen (insbesondere von Erzlagerstätten) hervorgegangene Schwermineralanreicherung.

Sialisch, saure, helle Gemengteile von Magmatiten.

Sichere Vorräte, solche Vorräte, deren Konturen zusammenhängend bekannt, oder deren Zusammenhang durch entsprechend engliegende Aufschlüsse gesichert sind (vgl. Tabelle 5).

Skarn, erhaltiges Gestein, das aus Kalkstein und Mergel durch Kontaktmetamorphose entstanden ist.

Speculative resources, im Sinne des US Bureau of Mines verwendeter Ausdruck für jene noch unentdeckten Ressourcen, die entweder in bereits bekannten Lagerstättentypen in geeigneten geologischen Bereichen auftreten können, wo aber noch keine Funde („mineral discoveries“) vorliegen oder in solchen Typen von Lagerstätten vorkommen, deren wirtschaftliche Gewinnungsmöglichkeit noch nicht erkannt ist. Sobald ihre Existenz durch die Exploration bestätigt ist und genügend Information über deren Qualität, Gehalt und Menge vorhanden sind, rücken sie zu den „identified resources“ auf (vgl. Tabelle 5).

Stock, unregelmäßiger, gedrungener, diskordant im Nebengestein auftretender geologischer Körper.

organogene Sedimente	
Kalkig organogene Sedimente	(z. B. Kalke, Dolomite)
Kieselig organogene Sedimente	(Radiolarite, Diatomite)
Bituminös organogene Sedimente	(Erdöl, Kohle)
Phosphatische Sedimente	(Phosphate)
anorganogene Sedimente	
Klastische S	<ul style="list-style-type: none"> Psephite (Kiese) > 2 mm Psammite (Sande) 2–0,02 mm Pelite (Tone) < 0,02 mm
Chemische S.	<ul style="list-style-type: none"> Residuate (z. B. Böden) Praezipitate (z. B. Kalksinter) Evaporite (z. B. Salze) Oxidate (z. B. Eisenoolithe)

Tabelle 8: Einteilung der Sedimentgesteine

Stratiform, siehe geschichtet.

Substitution, Austauch von Rohstoffen oder von Produkten für einen bestimmten Verwendungszweck.

Syenit, magmatisches Gestein, Plutonit (vgl. Tabelle 6).

Syenitporphy, magmatisches Gestein, Ganggestein (vgl. Tabelle 6).

Syngenetisch, gemeinsam mit der Bildung des Nebengesteins erfolgte Mineralisation.

Ton, aus tonigen Mineralen durch Sedimentation entstandenes Gestein.

Tiefseeknollen, konzentrisch aufgebaute, mineralisierte Konkretionen, die auf dem Tiefseeboden liegen.

Trachyt, magmatisches Gestein, Vulkanit (vgl. Tabelle 6).

Transgression, Vordringen eines Meeres über ein Festland.

Undiscovered resources, Überbegriff der im Sinne des US Bureau of Mines üblichen Bezeichnungen für hypothetical resources und speculative resources (siehe diese, vgl. Tabelle 5).

Ultrabasit, siehe Tabelle.

Varisziden, aus der variszischen Geosynklinale, vor allem im Unter- und Oberkarbon aufgefalteter Gebirgszug.

Verdrängung, Ersatz eines Minerals durch ein anderes an dessen Stelle (vergleiche Metasomatose).

Vererzung, Ausscheidung von Erzen in vorhandene Gesteine.

Vermutete Vorräte, solche Vorräte, die durch Einzelaufschlüsse erkundet oder deren Vorhandensein nach der geologischen Position und nach geophysikalischen oder geochemischen Indikationen anzunehmen sind (vgl. Tabelle 5).

Visible reserves, solche Vorräte, die von drei, besser vier Seiten aufgeschlossen sind und deren Qualität untersucht ist (internationale Einteilung, entsprechen den sicheren Vorräten der ÖNORM bzw. GDMB, vgl. Tabelle 5).

Vorkommen, natürliche Anreicherung von Mineralen und Mineralgemengen.

Vulkanit, auf der Erdoberfläche erstarrtes, magmatisches Gestein.

Wahrscheinliche Vorräte, solche Vorräte, deren Konturen lückenhaft bekannt sind oder deren Zusammenhang mit sicheren Vorräten durch Aufschlüsse in hinreichendem Abstand festgestellt sind (vgl. Tabelle 5).

	PERIODE	EPOCHE	absolutes Alter in Millionen Jahren	Gebirgsbildung (Orogenesen)
Känozoikum	Quartär	Holozän Pleistozän	1,8	
	Jungtertiär (Neogen)	Pliozän Miozän	(22,5)	
	Alttertiär (Paläogen)	Oligozän Eozän Paleozän		
	Oberkreide	Senon Turon Cenoman	65	
	Kreide	Unterkreide	(105)	alpidisch
	Jura	Oberjura Mittlerer Jura Unterer Jura	136	
	Trias	Obertrias	190	
		Mitteltrias	(205)	
		Untertrias	(215)	
	Perm	Oberperm	225	
Mesozoikum	Karbon	Unterperm	280	
		Oberkarbon	(325)	
		Unterkarbon	345	variszisch (herzynisch)
	Devon	Oberdevon Mitteldevon	395	
	Silur	Unterdevon	440	
Paläozoikum	Ordovic		500	
	Kambrium	Oberes Kambrium Mittleres Kambrium Unteres Kambrium	570	kaledonisch
	Proterozoikum		2500	
	Archäikum			assymetrisch

Tabelle 9: Formationstabelle

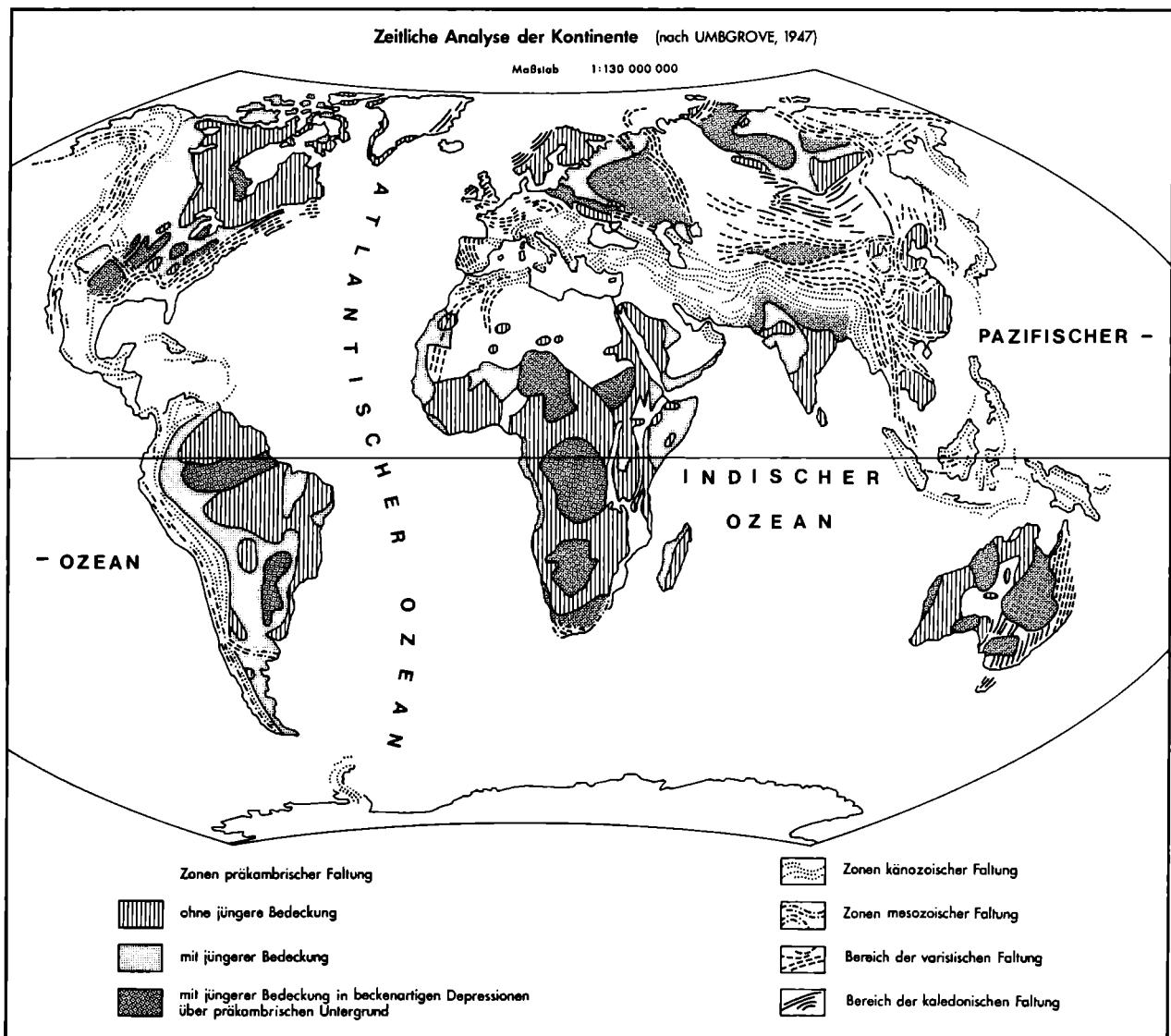


Abbildung 6: zeitliche Analyse der Kontinente

MINERALISCHE ROHSTOFFE, VERWENDUNG UND VERBREITUNG

Vorbemerkung

Die im folgenden angeführten mineralischen Roh- und Grundstoffe wurden, um das Auffinden zu erleichtern, in alphabetischer Reihenfolge angeführt. Jedes Kapitel ist in mehrere Abschnitte gegliedert, wobei vorerst die Charakteristik des Rohstoffes, dessen Verwendungsbereich und die gebräuchlichsten Handelsformen sowie Qualitätsansprüche behandelt werden. Nachfolgend werden jeweils die wichtigsten Erzminerale angeführt. Ein kurzer Abschnitt ist der Lagerstättenkundlichen Stellung gewidmet, in welchem, soweit möglich, die geochemischen Bildungsbedingungen umrissen werden. Im Abschnitt: Regionale Verbreitung werden die wichtigsten Lagerstätten kontinentweise angeführt, wobei die Hauptproduzenten, soweit eruierbar, besonders hervorgehoben werden. Es sind vielfach auch mögliche Ressourcen angeführt, welche derzeit untersucht werden, und noch keine Gewinnung erfolgt. In diesem Abschnitt soll vor allem die inhomogene – von den geologisch-tektonischen Voraussetzungen abhängige – Verteilung der Rohstoffe hervorgehoben werden, wobei keineswegs Vollständigkeit angestrebt wurde bzw. erreicht worden ist. Die heimischen Lagerstätten und Vorkommen wurden nur kurz gestreift, weil diesen das Heft 2 der Reihe gewidmet ist. Mit wenigen Sätzen wurde versucht, die Hoffnungsgebiete aufzuzeigen, wo noch mit dem Auftreten wirtschaftlicher Konzentrationen gerechnet werden darf.

Die Welt-Bergbauproduktionsdaten der einzelnen Mineralischen Roh- und Grundstoffe sind zur Gänze

den Mineral Commodity Summaries (US Bureau of Mines) entnommen. Unter Ländern mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft werden Albanien, Bulgarien, Volksrepublik China, Kuba, Tschechoslowakei, Deutsche Demokratische Republik, Ungarn, Nordkorea, Mongolei, Polen, Rumänien, Sowjetunion, Vietnam und Jugoslawien verstanden. Die Produktionsdaten sind vorwiegend in im internationalen Bergbau üblichen short tons (1 short ton = 0,9072 metrische Tonnen), long tons (1 long ton = 1,016 metrische Tonnen), lb (1 lb = 0,453 kg), troy ounces (1 troy ounce = 31,1 g), Karat (1 Karat = 200 mg) angegeben.

Abschließend werden die Substitutionsmöglichkeiten behandelt, wobei bemerkt werden muß, daß laufend durch Innovation neue Austauschvoraussetzungen gegeben sind. Die sekundären Kreisläufe sowie die Möglichkeiten des Recycling wurden deshalb nicht angeführt, weil diesen das Heft 3 gewidmet ist.

Ungeachtet des anscheinend großen Umfanges soll dem fachlich etwas ferner Stehenden in knapper Form ein erster Überblick über Anwendungsgebiete, Handelsformen, die Bildungsbedingungen für Lagerstätten sowie deren regionale Verbreitung gebracht werden, ohne den Eindruck eines Lehrbuches erwecken zu wollen.

Die festen und flüssigen Energieträger (Kaustobiolith, Kohlenwasserstoffe) werden im jährlich erscheinenden Energiebericht behandelt, weswegen sie in diesem Heft nicht näher besprochen werden. Die Kernbrennstoffe wurden jedoch auch in diesem Heft eingehend bearbeitet, weil sie oft mit anderen Rohstoffen gemeinsam auftreten und gewonnen werden.

Aluminium

Aluminium ist ein silberweißes, weiches Metall, dessen Schmelzpunkt bei 660° C liegt. Infolge seiner Fließfähigkeit kann es auch in der Kälte gut verformt werden. Reinstes Aluminium ist gegenüber chemischen Angriffen sehr resistent und zeigt eine außerordentlich gute elektrische Leitfähigkeit.

Reinaluminium wird zu Drähten für elektrische Leitungen, Folien, Geschirr usw. verarbeitet. Aluminiumpulver wird in der Technik zu verschiedenartigsten Zwecken eingesetzt, wie für rostschützende Anstriche, bei der Herstellung von Sprengstoffen und von Feuerwerkskörpern. Aluminiumgrieß wird Schweißpulver (Thermit) zugesetzt.

Der größte Teil der Reinaluminiumproduktion wird aber zu Legierungen verarbeitet. Diese zeichnen sich durch höhere Festigkeit aus, weisen jedoch einen niedrigeren Schmelzpunkt und eine schlechtere elektrische Leitfähigkeit auf. Hauptlegierungselemente sind Mangan, Silizium, Kupfer, Magnesium und Zink. Aluminiumlegierungen sind gut gießbar, haben ein gutes Formfüllungsvermögen und eine geringe Rißempfindlichkeit.

Hauptverwendungsbereiche für Aluminium und seine Legierungen sind das Bauwesen, das Verkehrswesen und das Verpackungswesen.

Metall wird in Ingots mit einer Reinheit von 99,5% bis 99,99% Al sowie in Form von Halbzeugen und Legierungen gehandelt.

Bauxit für metallurgische Zwecke kommt getrocknet mit einem Mindestgehalt von 60% Al_2O_3 in den Handel. Daneben wird Bauxit für Schleifzwecke und zur Herstellung von feuerfesten Produkten mit mindestens 86% Al_2O_3 sowie kalzinierte Tonerde mit 98,5 bis 99,5% Al_2O_3 angeboten.

Minerale

Bauxit, Gemenge von Diaspor (Böhmit), Gibbsit und Alumogel mit wechselnden Gehalten von FeO(OH) , daneben von TiO_2 und V_2O_5 .

Gibbsit	$\gamma\text{-Al(OH)}_3$
Diaspor	$\alpha\text{-AlOOH}$
Böhmit	$\gamma\text{-AlOOH}$
Alumogel	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{aqua}$
Kryolith	Na_3AlF_6
Alunit	$\text{KAl}_3[(\text{OH})_6]/(\text{SO}_4)_2$
Nephelin	$\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$
Leucit	$\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$
Dawsonit	$\text{NaAl}[(\text{OH})_2/\text{CO}_3]$

Lagerstättenkundliche Stellung

Das Aluminiumhydroxid Bauxit entsteht durch tiefgreifende Verwitterung und chemische Lösung alumin-

umhältiger Ausgangsgesteine in tropischen, wechselfeuchten Klimaten. Lagerstätten können als tiefgründige Bodenbildung auf den Ausgangsgesteinen auftreten oder auch auf älteren Landoberflächen – über aluminiumarmen Karbonatgestein umgelagert – auf sekundärer Lagerstätte – liegen. Man unterscheidet Silikat(Laterit)bauxite und Kalk(Karst)bauxite. Bauxitlagerstätten sind seit dem jüngeren Präkambrium bekannt, wenngleich die meisten an alttertiäre Verwitterungshorizonte gebunden sind. Während die „Böhmit-Bauxite“ zumeist mesozoischen Alters sind, sind die „Diaspor-Bauxite“ vorwiegend auf das Paläozoikum beschränkt. Ein andersartiges, fast einmaliges Vorkommen stellt der Kryolithstock von Ivigtut in Westgrönland dar, welcher an Granite gebunden und magmatogenen Ursprungs ist. Aluminium kann auch aus Aluniten gewonnen werden, welche kluft- oder gangförmig in hydrothermal veränderten Vulkaniten auftreten. Möglicherweise wird auch den Al-führenden Tonen in Zukunft mehr Bedeutung zugemessen werden müssen. Eine nicht zu unterschätzende Rolle werden sicherlich auch die Nephelin-Syenite („Urtite“) und leucitführenden Gesteine als Al-Quelle spielen.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada sind keinerlei Bauxitlagerstätten bekannt. Nephelinsyenit wird in Ontario bei Petersborough abgebaut.

Die Bauxitvorkommen in den USA sind äußerst begrenzt. In den Lagerstätten von Arkansas sind Aluminiumerze an stark verwitterte Nephelin-Syenite gebunden. Die Bauxitlagerstätten Alabamas und Georgias sind flachliegende Linsen, welche von tertiären Sanden und Tonen überlagert werden. Eine bedeutende Rolle wird zukünftig den Alunitlagerstätten in Utah (Cedar City) zukommen, von denen bedeutende Mengen an Aluminium zu erwarten sind. In den Ölschiefern der Green River Formation Colorados sind beachtliche Dawsonitvorkommen bekannt.

Mittel- und Südamerika: Von großer Bedeutung sind die Bauxitlagerstätten Surinams (Onverdacht), welche durch Verwitterung magmatischer Gesteine des präkambrischen Kristallins entstanden sind (zirka 1 Mrd t). Die Bauxitvorkommen von Jamaika (etwa 2 Mrd t!) sind relativ jungen Alters, liegen fast ohne Überlagerung über verkarsteten alttertiären Kalken und zeichnen sich durch eine einheitliche chemische Zusammensetzung aus (Manchester, St. Ann, St. Elisabeth, Essex Valley). Die Bauxitlagerstätten von Guayana (Pakaraima-Plateau, Montgomery) zählen heute zu den größten der Welt. Sie liegen auf alten basischen Magmatiten. Die Dominikanische Republik verfügt über ausgedehnte Bauxitlagerstätten. In Brasilien sind Bauxitvorräte von etwa 130 Mio t bei Oriximina bekannt. In Paragominas/Para liegen etwa

0,7 Mrd t an Bauxiterzen. Silikatbauxite werden seit 1979 am Rio Trompetas/Para abgebaut.

Mexiko, das über keine Bauxite verfügt, versucht Al aus Aluniten (Salamanca) zu gewinnen. Große Vorkommen an Bauxit wurden in Venezuela entdeckt (Los Pijigao/Bolivar). Die bekanntgewordenen Bauxitvorkommen südöstlich von San Isidoro in Costa Rica sollen in absehbarer Zeit abgebaut werden, die Bauwürdigkeit anderer Lagerstätten wird zur Zeit noch überprüft.

Afrika: Wichtige Bauxitlagerstätten liegen in den Staaten Guinea (Débélé, Tougué, Boké), Sierra Leone, Mali (Fantoja-Plateau), im Kamerun (Minim Martap und Nagaoundae) sowie in Ghana bei Chichiwere Tente Hills und Awaso; die wirtschaftliche Bedeutung der afrikanischen Bauxitlagerstätten ist im stetigen Zunehmen begriffen.

Australien: Große Lagerstätten (zur Zeit größter Produzent mit den größten Reserven) an Aluminiumerzen sind in Queensland (Weipa) vorhanden, wo flachliegende Lateritlinsen über mehrere 100 km² verteilt liegen und tagbaumäßig ausgebeutet werden. Die australischen Bauxitvorkommen (Weipa, Aurukun, Jarrahdale, Pinjarra, Darling-Range, Mitchell-Plateau, Gove) stellen etwa ein Fünftel der Weltreserven dar. Weitere Vorräte von etwa 2 Mrd t an Rohbauxit sind bekannt. Die Produktion ist stark steigend.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Bauxit ist in Indien reichlich vorhanden. Obwohl Indien der größte Bauxitproduzent Asiens ist, wäre der Bergbau noch sehr ausbaufähig. Die wichtigsten Lagerstätten liegen in Bihar, Maharashtra, Madhya-Pradesh, Kerala, Karnataka, Tamil Nadu, Andhra Pradesh und Orissa. Die Vorräte Indiens an Bauxiten liegen bei 2 Mrd t. Auf Indonesien wird Bauxit auf den Inseln Bintan (Riau Archipelago) und Kalimantan (Tayan) abgebaut.

Auf den Philippinen sind mehrere Bauxitlagerstätten bekannt (Inseln Samar, Nonoc).

Obwohl die Sowjetunion über große Bauxitvorkommen (Böhmit- und Diasporbauxite) im Ural (Seweroualsk, Kamensk, Krashaja Chapochka), im Timan Bezirk (Vorykviskoje), der Voronezkaja Anteklise (Belgorodskaja), dem Ukrainischen Schild (Kysokopolskoje), Kasachstan (Arkalyk, Turgay, Belinsk, Krasnooktyabrsk) und im Jenissej Gebiet verfügt, kann der Al-Bedarf nicht aus den Bauxitlagerstätten allein gedeckt werden. Aus diesem Grunde werden andere Al-haltige Rohstoffe, wie Anorthit in Sibirien, Alunit in Azerbejdzan (Zaglik) und Usbekistan, Alumosilikate und Korund in Obuchovskoje (Salair) und der Halbinsel Kola (Kojvskoje) im südlichen Sibirien (Irkutsk) und der Burjatischen Republik abgebaut. Nephelin („Urtit“) wird auf der Halbinsel Kola (Chibinskoje), Westsibirien (Kija Saltyrskoje), Armenien (Tezsanskoje) und Dawsonit in Sibirien abgebaut. Al-reicher Ton (Kaolinit) wird in Usbekistan (Angren) gewonnen. Der eklatante Engpaß in der Al-Erzversor-

gung geht auch aus der Tatsache hervor, daß Aschen von Kohlekraftwerken und die Abgänge von Kohlenwäschen zur Tonerdeherstellung (Hütte in Ekibastuz) genutzt werden.

Die Volksrepublik China verfügt über Lagerstätten hochwertigen Bauxits in Pig Guo (Kiangsi), die erst zu einem geringen Teil erschlossen sind. Darüber hinaus sind diverse Alunitlagerstätten bekannt.

Europa: Bedeutende Bauxitvorkommen sind in den Mittelmeirländern zu finden. Zumeist handelt es sich um Kalkbauxite, welche an jurassische bis tertiäre Verwitterungshorizonte gebunden sind. In Jugoslawien liegen wichtige Lagerstätten in Istrien, Kroatien (Hrvatska), Bosnien (Zvornic, Mostar, Vlasenica) der Hercegovina, Macedonien (Krusevo), Crna Gora (Nikšić) sowie in Griechenland bei Florina (rund 25 Mio t Reserven), Elikon, Euböa und im Kiona Parnass Gebirge.

Erwähnenswert sind die großen Bauxitlagerstätten Ungarns bei Gant (Vertes-Gebirge), Barzsony (Neszsa, Harsany) sowie im Bakony Wald (zirka 20 Mio t Reserven, Bergbaue von Iszkaszentgyörgy, Halimba, Nyirad, Szoc, Sumeg). Rumänien kann seinen Bauxitbedarf nur zur Hälfte aus eigenen Lagerstätten (Padurea Craiului, Bihor, Ohaba Ponor u. a.) decken.

„Klassische“ Bauxitvorkommen liegen in Frankreich in der Provence (Dep. Var [Brignoles], Bouches du Rhoône [Les Baux]) sowie in den Dep. Ariège und Hérault (Villeveyrac). In Frankreich wird zusätzlich Al aus hochwertigen Tonen gewonnen. In Italien werden Bauxite an den Abruzzen (Marsica) und in Apulien (Gargano-Gebiet) abgebaut. Geringe Mengen an Bauxit werden in Lich/Oberhessen (BRD) gewonnen.

Österreich: Die Ostalpen sind arm an wirtschaftlich verwertbaren Bauxiten. Die wichtigsten Vorkommen sind im Bereich der nördlichen Kalkalpen an die Basis der kohleführenden Gosaukreide gebunden (Dreistätten, Weißwasser-Unterlaussa, Altenmarkt, Hieflau, Untersberg, Brandenberg usw.).

Hoffnungsgebiete

Viele Industriestaaten können ihren langfristigen Aluminiumerzbedarf nicht aus heimischen Bauxitlagerstätten decken und müssen auf andere – ärmerre – Al-Rohstoffe, wie Nephelinsyenite oder Alunit, Dawsonit usw., zurückgreifen. Nephelinsyenite sind unter anderem am Baltischen und Sibirischen Schild bekannt. Hoffnungsgebiete für Alunite sind der Kaukasus, die Rocky Mountains (Utah) sowie die südamerikanischen Kordilleren (Mexiko, Chile). In den Ländern der Dritten Welt sind Millionen von Tonnen Lateritbauxitreserven vorhanden, wie in Mittel- und Südamerika, Zentralafrika oder Indien.

Bauxit-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 metric dry tons	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	1 700	40 000 ¹⁾	
Australien	26 000	4 600 000	
Brasilien	3 500	2 500 000	
Griechenland	2 600	700 000	
Guinea	12 500	6 500 000	
Guyana	2 500	700 000	
Jamaika	11 800	2 000 000	
Surinam	5 000	490 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	7 800	4 000 000	
Ungarn	3 000	300 000	
UdSSR	4 600	300 000	
Jugoslawien	2 800	400 000	
Andere Länder mit zentrali- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	2 200	200 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	85 000	22 700 000	

¹⁾) Ohne eisenreiche Bauxite von Oregon, Washington und Hawaii.

Substitution

Aluminium ist durchaus ersetzbar. In einigen Anwendungsfällen ist der Ersatz durch Kupfer, Titan und Magnesium, allerdings nur unter hohen Kosten, möglich. Wenn das Konstruktionsgewicht keine Rolle spielt, kann Stahl zur Substitution von Aluminium herangezogen werden. Auf dem Verpackungssektor wird Aluminium durch Holz, Papier und Kunststoff konkurrenzieren.

Alumosilikate: siehe Korund

Andalusit: siehe Korund

Anhydrit: siehe Evaporite

Antimon

Antimon ist ein silberweißes, sehr sprödes Metall mit einem Schmelzpunkt von 631° C. Es wird als Zusatz zu verschiedenen Legierungen sowie in Form seiner Oxide und Sulfide verwendet. Weiche Metalle, wie etwa Blei, können durch Legieren mit Antimon entsprechend gehärtet und gegen chemische Korrosion widerstandsfähig gemacht werden. Hochreines Antimon wird im Transistorenbau verwendet. Antimonoxid (Sb_2O_3), das direkt aus Sulfiderzkonzentraten gewonnen wird, kommt in der Farbindustrie als Pigment, des weiteren in der Plastikindustrie zum Einsatz. Antimontrioxid sowie Antimontrichlorid besitzen in organischer Lösung feuerhemmende Eigen-

schaften und dienen zur Imprägnierung von Tapeten, Teppichunterlagen und anderen brennbaren Textilien.

Die Gummiindustrie verwendet größere Mengen an Antimonsulfiden (Antimonpentasulfid und Antimontetratsulfid) als Vulkanisierzusatz. In der Feuerwerkerei dienen Antimonsulfide zur Herstellung von Zündholzköpfen und als Zusatz zu bengalischen Lichern. In der keramischen Industrie werden Antimonverbindungen als Glasurbestandteile benutzt.

Handelsformen sind Antimon-Crudum (Sb_2S_3) sowie Antimonmetall (Regulus) mit einem Reinheitsgrad von 99,6 bis 99,8%. Sulfidische Erze werden als Konzentrat mit 50 bis 55% Sb und als Stücke mit 60% Sb angeboten.

Minerale

<i>Gediegen Antimon</i>	Sb
<i>Antimonit</i>	Sb_2S_3
<i>Jamesonit</i>	$Pb_4FeSb_6S_{14}$
<i>Boulangerit</i>	$Pb_5Sb_4S_{11}$
<i>Antimon-Fahlerze</i>	
<i>Senarmontit</i>	Sb_2O_3
<i>Valentinit</i>	Sb_2O_3

Lagerstättenkundliche Stellung

Antimonerze kommen in Form von Lagern, Gängen und Imprägnationen gemeinsam mit anderen chalcopyphilen Elementen in zumeist sulfidischer Form vor. Viele der heute bekannten Antimonlagerstätten sind zeit- und schichtgebunden und gehören einer altpaläozoischen oder jurassischen, von Vulkaniten begleiteten Sb-W-Hg-Formation an. Wirtschaftliche Antimonanreicherungen sind selten. Die Dimension derartiger Vererzungen ist darüber hinaus recht klein, so daß nur wenigebauwürdige Lagerstätten bekannt sind. Oxidationserze erreichen nur in wenigen Fällen Bauwürdigkeit. Antimonoxide können gelegentlich in Konglomeraten und Seifen angereichert werden.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada sind zirka 500 000 t an Vorräten in New Brunswick (Lake George, u. a.) bekannt. Antimon wird auch als Beiproduct aus polysulfidischen Blei-Zink-Vererzungen (British Columbia u. a.) gewonnen. In den USA sind Lagerstätten von wirtschaftlicher Bedeutung selten. Antimon wird hauptsächlich aus Silbererzen der Sunshine-Mine/Idaho gewonnen. Die Vereinigten Staaten von Amerika verbrauchen jährlich rund 37% der Antimonweltproduktion (Erze werden aus Südafrika, Thailand, Mexiko und Bolivien bezogen). In Montana wird Antimonit (Sanders County) abgebaut. Möglicherweise stellen die Blei-Zink-Vererzungen des Mississippi-Valley-Typs im Ostteil der USA zusätzliche Antimonressourcen dar.

Mittel- und Südamerika: Mexiko ist ein wichtiger Antimonerzproduzent. Gangförmiger, mit Pb- und Hg-Erzen verwachsener Antimonit wird in den Lager-

stätten von Latorce, Altar (Sonora), St. Rosa (Zacatecas) u. a. o. gewonnen. Die bedeutenden polymetallischen Antimonvererzungen Boliviens (Chilcobia, Caracola) sind an Zinnerzgänge gebunden. (Die Volksrepublik China, die Republik Südafrika und Bolivien produzieren über 50% der Weltförderung.) In Peru werden beträchtliche Mengen an Antimonerzen aus Ganglagerstätten zinnführender Granite gewonnen.

Afrika: In der Republik Südafrika liegen die größten Antimonvererzungen der Welt (derzeit weltgrößte Förderung!). Die Erze stammen aus einem etwa 130 km langen und etwa 20 km breiten Gebiet präkambrischen Alters (Murchinson Range, Bergbaue Alpha-Gravelotte, Monarch, United Jack, Weigel, Free State, Mulati). Nahezu die gesamte Produktion wird in die USA und nach Großbritannien exportiert.

Weniger bedeutende Vererzungen sind in Algerien bekannt. Beachtliche Mengen an Antimonerzen liefern zahlreiche kleine, noch entwicklungsfähige Gruben Marokkos (Knatare/Rif-Gebirge). Explorationsarbeiten werden zur Zeit in Sidi Kacem durchgeführt.

Australien: Die Bedeutung der australischen Antimonproduktion ist vorerst noch gering. Antimonerze werden vor allem aus der polymetallischen Lagerstätte Broken Hill gewonnen. Eigene Antimonlagerstätten, wie Hillgrove, Munga Creek (New South Wales), Blue Spec (Western Australia) u. a., wurden erst kürzlich entdeckt.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Im Territorium der Volksrepublik China sind vor allem im Bereich der Provinz Hunan (Hsi-Kuang-Shan) an Granite sowie altpaläozoische Gesteinsserien wirtschaftlich sehr bedeutende Antimonlagerstätten gebunden. Weitere bedeutende Lagerstätten liegen in der Provinz Kwangtong. Neu entdeckte Vorkommen werden zur Zeit in der Provinz Kwangsi (Chango) abgebaut. Die chinesischen Lagerstätten zählen zu den bedeutendsten der Welt, wenngleich nur geringe Mengen (vor allem nach Japan) exportiert werden. Japan verfügt über eine Reihe von Kleinlagerstätten, jedoch mit unbedeutender Produktion. In der Sowjetunion kommen Antimonvererzungen vorwiegend in Kalkeinlagerungen altpaläozoischer Schiefer vor. Bedeutende Lagerstätten liegen in Kirgisien (Kadamschai), Kasachstan (Turgay) und Sibirien (Sarylakk, Tazhdolinsk).

In Thailand sind große Antimonerzvorkommen bekannt, deren Produktion stark im Steigen begriffen ist (Phadad). Der Hauptteil der Produktion stammt aus den Provinzen Phrae, Kanchanaburi, Nakhon Si Thammarat und Surat Thani. Die Erze werden vorwiegend in die USA exportiert. Neue Antimonerzvorkommen wurden in Malaysia entdeckt.

In der Türkei sind gangförmige, größtenteils jedoch schichtgebundene Antimonvererzungen in Anatolien bei Turhal, Demirkapi, Sülüklü-Eymir, Emirli und Alaskeshir im Menderes-Massiv sowie bei Sizma und Konya vorhanden, welche aber nur teilweise bergbauisch genutzt werden.

Europa: In Europa sind Antimonerzlagerstätten von wirtschaftlicher Bedeutung selten. In Jugoslawien liegen bedeutendere Vorkommen in Serbien (Brus). Eine im Kopaonik-Gebirge erschlossene Lagerstätte soll nach Inbetriebnahme zirka 40 000 jato (zirka 1 700 t Konzentrat) produzieren. Vor dem Zweiten Weltkrieg galt Jugoslawien als führender Antimonproduzent der Welt. In Italien sind kleine Antimonerzlagerstätten in der Toskana bekannt (Grosseto bei Tafone). Die ehemals bedeutende Gewinnung von Antimonerzen aus Ganglagerstätten Frankreichs (Duche, La Bessade, Rochetrejoux, La Lucette) ist heute vollkommen bedeutungslos. In Spanien sind Antimonerzlagerstätten in den verschiedensten Provinzen bekannt, sind aber noch weitgehend unerschlossen.

In der Tschechoslowakei werden Sb-Erze in der Slowakei (Roznava und Kremnica) abgebaut. In den Kleinen Karpaten liegt die bekannte Sb-Erzlagerstätte von Pezinok.

Österreich: In Österreich werden an mesozoische Schieferserien gebundene Antimonerze im Burgenland bei Schläaining abgebaut. Sie dienen nicht nur zur Deckung des heimischen Bedarfes, sondern werden auch exportiert.

Weitere antimonführende Erzvorkommen sind in der Nördlichen Grauwackenzone (Nöckelberg, Schwaz), den Schladminger Tauern, der Kreuzeckgruppe (Rabant) sowie im Lesachtal (Sillian, Tilliach) bekannt. Manche Kieslagerstätten der Ostalpen führen auch Antimonerze.

Hoffnungsgebiete

Potentielle Antimonressourcen könnten in Zukunft stratiforme oder gangförmige Komplexerzlagerstätten darstellen, aus denen Sb als Beiprodukt gewonnen werden könnte. Hoffnungsgebiete für derartige Lagerstätten sind neben Südafrika vor allem der zirkumpazifische Raum (Anden Südamerikas), China, Thailand und die Philippinen. Neufunde sind auch in den verschiedenen anderen Orogengürteln der Erde zu erwarten.

Antimon-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in short tons Bergbau- produktion	Sb-Metall Reserven- basis
USA	750	120 000
Bolivien	16 000	400 000
Mexiko	3 000	240 000
Republik Südafrika	12 000	350 000
Jugoslawien	2 500	100 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	22 000	840 000
Andere Länder mit zentralisti- sch gelenkter Marktwirt- schaft	23 000	2 750 000
Welt – Gesamt (gerundet)	79 250	4 800 000

Substitution

In der Farbindustrie kann Antimon durch Titan, Zink, Chrom, Zinn und Zirkonium, bei der Härtung von Metallen durch Zinn, Kalzium und dispersionsgehärtetes Blei ersetzt werden. Anorganische Verbindungen, wie Aluminiumoxid, Titanoxid oder Eisenoxid können bei der Herstellung von feuerhemmendem Material an die Stelle von Antimonverbindungen treten.

Mittel- und Südamerika: Mexiko galt lange Zeit als wichtiger Arsenproduzent, verliert jedoch in letzter Zeit immer mehr an Bedeutung. Die Gewinnung erfolgt aus der Verhüttung arsenführender Bleierze. Beachtliche Mengen an Arsenerzen werden aber in Peru gewonnen.

Afrika: Arsenführende Zinnerzlagerstätten sind in der Republik Südafrika bekannt. In der Tsumeb-Mine in Namibia wird Arsen als Beiprodukt gewonnen.

Australien: Weist keine nennenswerte Arsenproduktion auf.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die Gewinnung erfolgt weitgehend bei der Verhüttung von arsenischen Kobalt-Nickel-Erzen. Eine recht große, an Skarne gebundene Arsenerzlagerstätte liegt im östlichen Transbaikalgebiet (Sapokrowskoje). In Kupfererzen beibehaltende Arsenverbindungen in bestimmten Lagerstätten auf den Philippinen können als mögliche Arsenressourcen angesehen werden.

Europa: Arsen fällt als Nebenprodukt bei der Gewinnung der in metamorphen Eruptivgesteinen liegenden Kieserze des Bolidenerzfeldes in Schweden an. Die zahlreichen Erzgänge von Andreasberg im Harz (DDR) führen auch Arsenerze. Stark rückläufig ist jedoch die Produktion von Arsen aus den Au- und Ag-führenden Gängen von Salsigne (Aude/Montagne Noire) in Frankreich. In Jugoslawien sind Arsenkiesverzerrungen in Bosnien und der Herzegovina bekannt.

Österreich: In den Ostalpen kommen zahlreiche kleine arsenkiesführende, meist schichtgebundene Komplexerzlagerstätten vor, welche heute aber eher auf Grund ihrer Au-, Ag-, Ni-, Pb- und Zn-Erzführung von Interesse sein können. Als Beispiel seien u. a. angeführt: Rotgülden, St. Blasen, Straßbeck usw.

Hoffnungsgebiete

Arsen kann in ausreichender Menge als Beiprodukt polysulfidischer Komplexerzlagerstätten gewonnen werden, so daß gezielte Aufsuchungsprogramme derzeit nicht angebracht erscheinen.

Arsen-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in short tons As ₂ O ₃	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	vertraulich		880 000
Frankreich	7 600		
Mexiko	7 500		
Peru	1 500		
Namibia	2 500		
Schweden	6 000		
UdSSR	8 500		
Andere	1 300		
Welt – Gesamt (gerundet)	32 900 ¹⁾		4 730 000

¹⁾ Ohne Produktion der USA.

Arsen

Arsen tritt sowohl in einer metallischen („graues Arsen“) als auch in zwei nichtmetallischen Modifikationen auf. Es ist auffallend spröde und mit Buntmetallen gut mischbar. Seine Verbindungen sind giftig. Arsen wird zur Härtung von Blei- und Kupferlegierungen verwendet (20% As). Arsenerbindungen sind Bestandteil vieler Schädlingsbekämpfungsmittel (70% As). In der Glasindustrie dient Arsen zur Entfärbung und Opalisierung von Gläsern. Gallium-Arsen- und Indium-Arsen-Kristalle werden als Halbleiter für Maser und Laser benutzt.

Haupthandelsform ist Arsenit („weißes Arsen“) in einer Standardqualität mit mindestens 99,5% As₂O₃ als klumpenfreies Pulver, verpackt in Gummibehältern oder Fässern. Daneben wird auch Arsenerz in Stücken mit einer Reinheit von 99% As vertrieben.

Minerale

Arsenkies	FeAsS
Löllingit	FeAs ₂
Auripigment	As ₂ S ₃
Realgar	AsS
Enargit	Cu ₃ AsS ₄
Chloanthit	(Ni, Co)As ₃

Lagerstättenkundliche Stellung

Arsen liegt koexistierend mit anderen Mineralen meist in Sulfidform vor. Arsenerze sind in nahezu allen Lagerstättentypen vertreten. Häufig sind sie jedoch in (heiß-) hydrothermalen (Gang-) Lagerstätten (Zinnerzgänge!) oder in Skarnen als oft unerwünschte Beimengungen zu finden. Arsenerzlagerstätten zeichnen sich manchmal durch eine hohe Edel- und Schwermetallführung aus, weshalb derartige Lagerstätten oft wegen letzterer gebaut wurden. Ein Großteil des anfallenden Arsen wird heute jedoch bei der Verhüttung sulfidischer Komplexerze gewonnen.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Die arsenführenden Kobalterzgänge Kanadas werden nicht direkt auf Arsen abgebaut (Thunder Bay/Ontario). In den USA werden die benötigten Arsenerze heute weitgehend importiert, eine geringe Menge an Arsen stammt aus der Verhüttung von Sulfiderzen (Butte/Montana).

Substitution

Arsenate können durch chlorierte Hydrokarbonate ersetzt werden. Die Verwendung von Arsenverbindungen ist auf Grund ihrer toxischen Eigenschaften heute unerwünscht.

Asbest

Verfilzte, fasrige Massen, die aus den Mineralen Serpentin (Chrysotil) oder Amphibol bestehen, werden als Asbest bezeichnet. Die beiden Asbestsorten unterscheiden sich wesentlich in ihren technologischen Eigenschaften, wobei jedoch auch innerhalb jeder Gruppe Unterschiede vorhanden sind.

Die Serpentinabeste und untergeordnet auch die Krokydolithabeste haben lange, unbrennbare, gegen Laugen unempfindliche, verspinnbare Fasern und eigneten sich zur Herstellung von Garnen und Geweben.

Da die Amphibolasabeste (Hornblendeasbeste) meist kurzfasrig sind, können sie nur zur Herstellung von Füllstoffen Verwendung finden.

Allgemein werden Asbeste als schlechte Wärmeleiter zur Isolierung von Rohren, zu Asbestpappen usw. verwendet. Aus Asbest werden ferner Filter, Katalysatorenträger (Platin-Asbest), Bremsbeläge usw. hergestellt.

In den Handel gelangender Serpentinabest wird je nach Form und Qualität in 2 Hauptgruppen bzw. 9 Untergruppen unterschieden. Crude Asbest (Gruppe 1 und 2) sind handsortierte, nicht gefaserte Rohasbeste. Milled Asbest (Gruppe 3 bis 9) sind durch mechanische Aufbereitung gewonnene Produkte, die nach Faserlänge (spinning, shingle, paper, stucco, refuse, sand) unterschieden werden.

Minerale

Serpentinabeste:

Chrysotil $Mg_6[(OH)_8/Si_4O_{10}]$

Hornblendeasbeste:

Krokydolith $Na_2Fe_4^{3+}[OH/Si_4O_{11}]_2$

Tremolit $Ca_2Mg_5[(OH)/Si_4O_{11}]_2$

Aktinolith $Ca_2(Mg,Fe)_5[OH/Si_4O_{11}]_2$

Anthophyllit $(Mg,Fe)_7[OH/Si_4O_{11}]_2$

Lagerstättenkundliche Stellung

Asbest tritt in Gängen, Klüften oder schichtigen Lagen in ultrabasischen bis basischen Gesteinen auf. Sie sind durch hydrothermale Umwandlung des Ausgangsgesteins entstanden. Der faserförmige Asbest kann quer zum Gang orientiert sein (cross-fiber), parallel zum Gang verlaufen (slip-fiber) oder wirr eingelagert sein (mass-fiber). Die Qualität des Asbestes ist von der Faserlänge abhängig.

Regionale Verbreitung

Amerika: Die größten Asbestvorkommen der Erde sind in den Serpentinitstöcken Quebecs (Thetford Revier) in Kanada gefunden worden. Hochwertige, gangförmige Serpentinabeste werden auch in Cassiar Mountains/British Columbia (Clinton-Creek-Mine, jedoch knapp vor Schließung!) und Matheson, Matachewan/Ontario gewonnen. Der Aufschluß neuer Asbestvorkommen in der Advocate-Mine (Baie Verte) Newfoundland dauert an.

Die Vereinigten Staaten sind arm an Asbestvorkommen. Geringe Mengen werden in North Carolina, Georgia, Arizona, Vermont und Kalifornien (Coalinga-District) abgebaut. In Südamerika werden kleine Asbestlagerstätten in Argentinien, Mexiko und Brasilien (Uruacu/Goias, Cana Brava) beschürft. In Kolumbien wurden neuerdings Chrysotilasbestlagerstätten bei Canipamento entdeckt.

Afrika: Die bedeutendste Asbestlagerstätte Afrikas liegt in der Republik Südafrika, wo in Kapland bei Koega Crossfiber-Krokydolith abgebaut wird. In Transvaal werden Serpentin- und Hornblendeasbeste bei Lydenburg gewonnen. Geringe Mengen an Asbest werden in Swaziland abgebaut. Zimbabwe-Rhodesien verfügt über in Duniten liegende Serpentinabeste bei Shabani.

Die Asbestvorkommen Ghanas (Anum, Akuse) sowie Nigerias (Malam, Tanko) sind zur Zeit infolge mangelnder Qualität und/oder Quantität unwirtschaftlich.

Australien: Asbestführende Serpentinitkörper (Chrysotilasbest) werden im Nordosten von New-Southwales (Woodsreef, Baryulgil/Barraba) bebaut.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Bedeutende Asbestproduzenten sind die Volksrepublik China und die Sowjetunion. In der VR China liegen die Lagerstätten in Laiyun, Hopei, Szechuan (Shihmien, Penghsien). Weitere Asbestvorkommen wurden in Yunnan (Yuanjiang) entdeckt. In der Sowjetunion werden Hornblende- und Serpentinabestvorkommen im Ural (Bashenowo, Kiembay), im Kaukasus, Sibirien und Kasachstan (Dzhetygara) genutzt (Kanada und die Sowjetunion fördern rund 75% der Weltproduktion!). Große Mengen an Asbest werden auch östlich des Altai im Tuvasbestkomplex abgebaut.

Asbestvorkommen sind auch in Oman (Wadi Haibi) bekannt. Die türkischen Chrysotilasbestlagerstätten von Mihaliceik, Eskishehir u. a. o. können lediglich den heimischen Bedarf decken.

Europa: Die wichtigsten Lagerstätten liegen auf Zypern (Pano Amiandos im Troodosgebirge, Chrysotilasbest) sowie in San Vittore/Balangero in Italien (Hornblendeasbest). Geringe Mengen an Asbest werden in Jugoslawien (Brvenik) abgebaut. Ab 1981 soll Asbest aus der Lagerstätte von Zidani (Kozani) in Nordgriechenland gefördert werden.

Österreich: Serpentinabest wurde im Gebiet des Hochgrößen (Oppenberg, Stmk.) mehrfach beschürft.

Tremolitasbestvorkommen sind im Bereich der Rechnitzer Schieferinsel, im Penninikum (Hofgastein, Rauristal, Tuxer Alpen) bekannt. Viele dieser Asbestvorkommen sind montangeologisch noch zu wenig untersucht.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für neue, wirtschaftliche Asbestvorkommen sind vor allem die präkambrischen Grüngesteinsbereiche der Alten Schilder (Kanada, Brasilien, Südafrika, Australien, China und Sibirien).

Asbest-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1.000 metric tons	
	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	93	4 000
Kanada	1 300	37 000
Republik Südafrika	250	5 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	620	13 000
Andere Länder mit zentrali- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	2 800	28 000
Welt – Gesamt (gerundet)	5 063	87 000

Substitution

In vielen Anwendungszwecken ist für Asbest kein endgültiger Ersatz möglich. In Produkten, die die größten Mengen aufnehmen, wie in Baustoffen, ist Asbest jedoch durchaus ersetzbar.

Astat: siehe Halogene

Barium

Barium ist ein silberglänzendes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 725° C liegt. In geringem Maße wird es in der Industrie zum Härteln von Blei und in kolloidaler Form als Zusatz zu Dieselöl zur Verringerung des Abgasqualmes verwendet.

Von großer Bedeutung sind seine in der Natur auftretenden Verbindungen Bariumsulfat (Baryt) und Bariumkarbonat (Witherit).

Baryt ist als sogenannter Reduzierspat das Ausgangsprodukt zur Herstellung von wasserlöslichen Salzen.

Gemahlener weißer Baryt wird als wetter- und chemikalienbeständiger Füllstoff und als Pigment verwendet. Permanentweiß ist chemisch gefälltes Bariumsulfat, welches als Füllstoff, Weißpigment und zum Glätten von Papier Verwendung findet.

Die Hauptmenge des geförderten Baryts wird in gemahlener Form als „Bohrspat“ zur Erhöhung der Dichte von Bohrspülungen verbraucht. Baryt eignet

sich auch in Verbindung mit Beton als Abschirmmaterial für ionisierende Strahlen, zahlreiche Röntgenkontrastmittel enthalten Bariumsulfat. Strontiumarme Baryte sind gesuchte Rohstoffe für die Chemie und Glasindustrie (Farbfernsehöhren).

Bariumkarbonat, Witherit, wird als Ausgangsmaterial für die Herstellung anderer Bariumverbindungen verwendet. Sein Zusatz bei Glasschmelzen bewirkt die Entstehung schwerer, stark lichtbrechender Gläser.

In den Handel gelangt Baryt als Reduzierspat mit einem Bariumsulfatgehalt von wenigstens 95% und einem möglichst geringen Gehalt an Kieselsäure und Eisenverbindungen. Bei Bohrspat wird eine Dichte von wenigstens 4,1 kg/dm³, eine Mahlung im Kornbereich von 10 bis 90 μ und die Freiheit von wasserlöslichen Salzen gefordert. Ferner werden Mahlprodukte angeboten, und zwar weiße Sorten mit 96 bis 98% BaSO₄ mit einer Feinheit von mindestens 99% unter 350 mesh, „Mikronised“ mit einer Feinheit von mindestens 99% unter 20 mesh.

Minerale

<i>Baryt (Schwerspat)</i>	<chem>BaSO4</chem>
<i>Witherit</i>	<chem>BaCO3</chem>

Lagerstättenkundliche Stellung

Baryte treten selten monomineralisch und daher oft aus geochemischen Gründen gemeinsam mit Blei-, Zink-, Kupfer- und Eisensulfiden in Form von Lagern und Gängen auf. Häufig ist auch die Paragenese Baryt-Flußspat. Schwerspäte des sedimentären Zyklus sind zumeist arm an Strontium, während gangförmige, epigenetische Schwerspäte strontiumreich sind. Schwerspat kann in nahezu allen zeitlichen und geologischen Formationen auftreten. Durch tiefgreifende Verwitterung bariumführender Gesteinsserien können unter günstigen Bedingungen Residuallagerstätten entstehen, deren wirtschaftliche Bedeutung noch umstritten ist. Die in der Tiefsee bekannten Colestobarytmineralisationen sind zur Zeit noch nicht wirtschaftlich gewinnbar.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada werden in Yukon (Watson Lake), New Scotland (Walton) und British Columbia (Spillimacheen, Brisco, Invermere, Windermere Creek) große Schwerspatvorkommen abgebaut. Mit steigender Erdölproduktion haben die nordamerikanischen Lagerstätten zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die USA sind nicht nur die weltgrößten Produzenten, sondern auch die größten Verbraucher an Schwerspat. In den Aufbereitungsabgängen und Halden zahlreicher Blei-Zink-Erzbergbaue lagern enorme Mengen nichtgenutzten Schwerspates. Lagerförmige Vorkommen an Schwerspat liegen in Nevada, Arkansas (Fancy Hill, Bryant), Missouri, Alaska (Castle Island bei Wrangell), Kalifornien, Georgia (Cartersville-District) und Tennessee.

Mittel- und Südamerika: In Mexiko sind Schwerspatvorkommen vor allem in den Santa Mona Bergen bei Saltillo (Coahuila) bekannt. Barytlagerstätten werden auch in Peru genutzt. Geringe Mengen an Baryt werden auf Kuba in den Provinzen Oriente und Pinar del Rio abgebaut.

Afrika: Die bedeutendsten Schwerspatvorkommen liegen bei Djebel-Irhoud, Zelmou Imini und Sidi Hamadi in Marokko sowie in Algerien (Chaib). In Sambia liegen mehrere Barytlagerstätten, die an Karbonatite gebunden sind (Mporokoso, Kafue). Eine bescheidene Barytproduktion soll ab 1980 in einer Lagerstätte bei Kataka in Liberia aufgenommen werden.

Australien: In South Australia wird Schwerspat bei Oraparinna, Olary und Truro abgebaut. In Western Australia wurde bei Port Hedland eine Barytlagerstätte (North Pole Mine) erschlossen.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion wird Schwerspat in zahlreichen Bergbaubetrieben im Ural (Medwedewka, größte Lagerstätte der Sowjetunion!), in Georgien, Westsibirien, Kasachstan und Armenien abgebaut. Der eigene Bedarf kann jedoch keineswegs gedeckt werden.

Eine starke Entwicklung weisen die seit 1970 bestehenden Gruben von Nakhon Si Thammarat, Loei, Chiang Mai, Phrae, Surat Thani und Phetchaburi in Thailand auf. Die iranischen Schwerspatvorkommen liegen gemeinsam mit Pb-Zn-Vererzungen im Bergbaugebiet um Ravany; Schwerspatgänge sind auch im Andesitgürtel von Ashtian und Nowbaharau bekannt. Bei Keshen (südl. Teheran) werden etwa 120 000 jato abgebaut.

Die Schwerspatproduktion Indiens ist stark in Entwicklung begriffen (Madras). Bei Mangampet (Andhra Pradesh) sind über 50 Mio t an Vorräten bekannt. In Nee Sa Khan (Burma) werden 40 000 jato gefördert. Auch die Schwerspatproduktion Chinas ist stark im Steigen (Erdöl!). Die chinesischen Barytlagerstätten beinhalten zum Teil hochwertigen Schwerspat. Die bedeutendsten Lagerstätten liegen in Hopeh (Tangshan), Hunan (Hwashan), Kwangsi (Hsujen) und Kiangsi (Linchuan). Baryt wird auch in Nordkorea und Japan gewonnen.

In der Türkei sind Schwerspatgänge bei Kahraman, Maras, Aksehir, Sarkikaraagae, Alanya und Tavsanli bekannt (zirka 10 Mio t Reserven).

Europa: Bedeutende Mengen an Schwerspat stammen aus der BRD aus den gangförmigen Lagerstätten um Bad Lauterberg (Wolkenhügler, Hohentroster, Freudenberger Gangzug) sowie aus den Ganglagerstätten von Dreislar (Sauerland) und Wolfach (Baden-Württemberg). Schichtförmig eingelagerter Baryt wird in Eisen (Saarland) gewonnen. Der Barytkörper der bedeutenden Kieslagerstätte von Meggen ist bereits vollständig abgebaut. In Polen wird Baryt bei Boguszow und Stanislawow gefördert. Im Zentralmassiv Frankreichs sind die mächtigen Schwerspatvorkommen von Indre bekannt, wo in der Lagerstätte von

Chaillac Schwerspat im Tagbau gewonnen wird. In Rossignol bei Chateauroux sind etwa 8 Mio t an Baryt nachgewiesen. Schwerspat wird auch in Farges (Corrèze) abgebaut.

In Italien liegen Barytvorkommen um Trient (Monte Callisio), bei Rom und im Altpaläozoikum Sardiniens. Steilstehende Schwerspatgänge werden in Spanien (Cordoba) in der Grube von Guillermo bei Espiel abgebaut. Die griechischen Schwerspatlagerstätten liegen auf den Inseln Milos, Mykonos und Kos, wo der Schwerspat in pliozänen vulkanischen Tuffen auftritt. Auch in Jugoslawien (Kroatien, Bosnien) und Rumänien (Corteluz-Somova, Ostra) wird Schwerspat an mehreren Orten abgebaut.

Aus zahlreichen Lagerstätten Großbritanniens stammt eine beachtliche Menge an Schwerspat. Mächtige Witheritgänge werden in Durham (England) abgebaut. Schwerspathöfige Bereiche werden zur Zeit zwischen Loch Tummel und Aberfeldy (Schottland) untersucht. In Irland werden bedeutende Schwerspatmengen in der Grube Ballynoe gefördert.

Österreich: In den Ostalpen sind Schwerspatvorkommen nicht selten. Derzeit findet jedoch nur im Bergbau Kleinkogel/Semmering eine Gewinnung in bescheidenem Ausmaß statt. Schwerspatvorkommen, denen in Zukunft unter Umständen Wirtschaftlichkeit beigemesen werden könnte, liegen im Grazer Paläozoikum, bei Oberzeiring (Steiermark), in der Nördlichen Grauwackenzone im Gebiet der Kitzbühler Alpe sowie bei Schwaz-Brixlegg (Tirol).

Hoffnungsgebiete

Baryt könnte in zunehmendem Umfang aus polysulfidischen, schichtgebundenen Pb-Zn-Erzlagerstätten als wirtschaftliches Beiprodukt gewonnen werden. Derartige Lagerstätten liegen bevorzugt in paläozoischen und mesozoischen Gesteinsserien von Orogenen (Alpen, Karpaten, Ural, Kaukasus, Anden, Rocky Mountains u. a.).

Baryt-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 short tons Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	2 000	55 000
Kanada	60	16 000
Frankreich	180	6 000
BRD	160	6 000
Indien	380	30 000
Irland	370	9 000
Italien	230	6 000
Mexiko	220	10 000
Marokko	160	3 000
Peru	310	7 000
Thailand	250	10 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1 100	22 000
Jugoslawien	80	3 300
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	600	22 000
Welt – Gesamt (gerundet)	6 100	205 000

Substitution

Bohrspat kann durch Eisenerze oder durch Coelestin ersetzt werden, wobei jedoch zu beachten ist, daß Eisenerz sehr abrasiv ist und Coelestin keine so hohe Dichte wie Schwerspat aufweist und überdies teurer ist. Bei der Farbherstellung kann Permanentweiß (Lithopone) durch Titanweiß ersetzt werden.

Basalt, Diabas und Ultrabasite

Als Basalte werden feinkörnige, dunkle vulkanische Gesteine (vergleiche Tab. 6) bezeichnet, die im wesentlichen aus Augit, Plagioklas, Nephelin, Olivin, Bronzit und Orthoklas zusammengesetzt sind. Nach den spezifischen Mineralphasen kann unter Feldspatbasalten, Alkalibasalten und anderen mehr unterscheiden werden. Diabase sind feinkörnige, dunkle, meist metamorph überprägte, prätertiäre vulkanische Gesteine, die oft von Tuffen oder Tuffiten begleitet werden. Monomineralische plutonische Gesteine, die aus Amphibolen oder Pyroxenen zusammengesetzt sind, werden als Ultrabasite (vergleiche auch Tab. 6) bezeichnet.

Basalte, Diabase und Ultrabasite werden als Hartgesteine (nach DIN 52100: Festgesteine mit einer Würfeldruckfestigkeit von über 1800 kp/cm²) vorwiegend im Straßenbau, als Gleisschotter und Betonzuschlag (Zement- und Asphaltbeton) verwendet. Die wichtigsten Anforderungen sind in einschlägigen Normen zusammengefaßt (insbesondere DIN 51 100: Richtlinien zur Prüfung und Auswahl von Naturstein; DIN 51 105: Druckversuch; DIN 52 106: Beurteilungsgrundlagen für die Verwitterungsbeständigkeit; ÖNORM B 3111: Natürliche Gesteine. Gleisbettungsstoffe; ÖNORM B 3121: Prüfung von Naturstein. Gewichte von Steinen und Gesteinskörnungen; ÖNORM B 3122: Prüfung von Naturstein. Wasseraufnahme; ÖNORM B 3123: Prüfung von Naturstein. Frostbeständigkeit; ÖNORM B 3124: Prüfung von Naturstein. Festigkeit; ÖNORM B 3127: Prüfung von Naturstein. Schlag- und Druckbeständigkeit von Schotter.)

Für den Straßenbau geeignete Gesteine sollen sich durch hohe Griffigkeit, gute Einrüttelbarkeit, geeignete scharfkantige Kornform und hohe Kornformbeständigkeit auszeichnen. Darüber hinaus werden solche Gesteine bevorzugt, die sich auch unter Wasser vollständig mit einer Bitumenhaut umgeben können.

Gesteine, die als Gleisschotter herangezogen werden, müssen sich durch gewissen Vorschriften entsprechende Kornformen und Korngrößen auszeichnen. Wenngleich die hohen Anforderungen hinsichtlich der Druck- und Schlagfestigkeit erheblich minimiert werden konnten, zeichnen sich Basalte und Diabase durch hohe Werte aus (Schlagfestigkeit: Max.=100, Mittelwert Diabas 98, Basalt 95, Syenit 86, Diorit 84, Gneis 81, Granit 64).

Als Betonzuschlag eignen sich vor allem solche Gesteine, die neben einer geeigneten Kornform und

Korngröße auch eine große Kornoberfläche besitzen. Die Gesteine sollen richtungslos körnig sein, um etwaigen Anisotropieeffekten im Beton entgegenzutreten.

Ungeeignet für die Verwendung im Straßenbau, als Gleisschotter oder Betonzuschlag sind verwitterte oder nicht frostbeständige Gesteine. Feinschuppige, metamorphe Gesteine („Schiefer“) sind ebenso ungeeignet wie solche mit dispers verteilem Pyrit. Als „Sonnenbrenner“ werden Gesteine bezeichnet, die dazu neigen, unter der Einwirkung von Atmosphärlionen zunächst graue kugelige Flecken zu erhalten, später Risse zu zeigen und schließlich zu zerfallen. Der Sonnenbrandzerfall unterscheidet sich wesentlich von der normalen Gesteinsverwitterung. Etwaige Sonnenbrennereigenschaften sind im frischen Basalt nicht zu erkennen und können bereits nach Tagen, aber auch erst nach Monaten auftreten. Die Ursache der Sonnenbrennereigenschaften werden im höheren Nephelin- und Analcimegehalt bzw. Glasgehalt vermutet. Kieselsäureärmerste Gesteine neigen eher zum Sonnenbrand als kieselsäurerichere. Sonnenbrenner sind für nahezu jeden Anwendungszweck ungeeignet.

Blockförmige, wenig geklüftete basische Vulkanite werden auch für den Hochbau, in besonderen Fällen auch für den Wasserbau herangezogen.

Eine besondere Bedeutung kommt den basischen bzw. ultrabasischen Gesteinen bei der Herstellung von Gesteinsglas oder Gesteins- (Mineral-)wolle zu. Gesteinswolle wird vorwiegend zur Herstellung von feuerresistenten Wärmeisolationsmatten verwendet. Wesentliche Anforderungen für die Erzeugung von Glas- und Gesteinswolle sind:

- Der Läuterbereich soll bei niedriger Temperatur liegen,
- die Fadendicke soll im Bereich von mehreren Zentimetern liegen,
- eine Versprödung durch Nachkristallisation soll nicht eintreten.

Überdies soll nach Empfehlungen des US-Bureau of Mines

- die Fadendicke zwischen 3 und 12 µ liegen,
- der Schwefelgehalt unter 5 ppm liegen,
- der Frühe Teilschmelzbereich bzw. der Hauptschmelzbereich über + 960° C liegen, um einen Arbeitsbereich zwischen + 230° C bis + 900° C zu gewährleisten und schließlich
- der Schmelzbereich unter + 1 538° C liegen.

Lagerstättenkundliche Stellung und regionale Verbreitung

Basalte treten als Vulkanite vorwiegend in Decken, Kuppen und Strömen, örtlich auch in Gängen auf. Sie sind im wesentlichen auf die jüngeren geologischen Zeiträume beschränkt und werden auch heute in den jungen aktiven Vulkangürteln der Erde zu Tage gefördert. Ultrabasische Gesteine sind vorwiegend im Bereich der Alten Schilder der Erde zu finden. Diabase treten vor allem in Gesteinsserien des Paläozoikums auf.

Basalte, Ultrabasite und Diabase sind weltweit verbreitet, sodaß auf die regionale Verbreitung nicht näher eingegangen werden braucht.

Österreich: Im Bundesgebiet treten pliozäne Basalte vorwiegend in Gestalt von Schlotfüllungen und Stöcken im südsteirisch-burgenländischen Tertiärgebiet auf und werden, zum Teil wie in Klöch, Feldbach/Stmk., Pauliberg/Bgld. steinbruchmäßig abgebaut. Bekannt ist auch der Basaltstock von Kollnitz im Lavanttal/Ktn. Ultrabasische Gesteine werden in Kraubath/Stmk. zur Hartsteingewinnung bebaut. Weitere, zur Zeit nicht genutzte Ultrabasitgesteine sind im Dunkelsteiner Wald/NÖ bekannt. Diabase sind im wesentlichen auf die paläozoischen Anteile der Ostalpen, insbesondere der Nördlichen Grauwackenzone, Grazer Paläozoikum, Karnischen Alpen u. a. o. konzentriert, wo sie auch in Steinbrüchen gebrochen und als Hartsteinzuschlag für den Straßenbau genutzt werden.

Basalt-, Ultrabasit- und Diabas Weltproduktion

Daten nicht erhebbar.

Substitution

Durch die weite Verbreitung und das relativ große Angebot an Basalten, Ultrabasiten und Diabasen ist eine Substitution dieser Rohstoffe vor allem aus Kostengründen nicht notwendig.

Bentonit: siehe Tone

Beryllium

Beryllium ist ein leichtes, stahlgraues, stark glänzendes, sprödes Metall mit einem Schmelzpunkt von 1 285° C. Seine Festigkeit bei höheren Temperaturen sowie seine gute Korrosionsbeständigkeit begünstigen den Einsatz als Werkstoff. Pulvriges Beryllium sowie seine Verbindungen sind giftig. Beryllium legiert mit den meisten Metallen.

Die Härte, Festigkeit, Temperaturunempfindlichkeit und Korrosionsbeständigkeit von Kupfer, Aluminium, Nickel, Kobalt und Eisen wird durch Zulegieren von Beryllium außerordentlich gesteigert. Metall und Legierungen werden als Konstruktionswerkstoff in der Luft- und Raumfahrt für die Herstellung stark beanspruchter Konstruktionsteile verwendet. Hauptanwendungsgebiet des Metalles ist die Kerntechnik (Hüllenmaterial für Brennstäbe, Bestandteile von Neutronenquellen). Aus reinem Berylliummetall werden Röntgenfenster hergestellt, die eine hohe Strahlendurchlässigkeit aufweisen. In der Feuerfesttechnik dient BeO als Material für Schmelziegel.

In den Handel gelangen Konzentrate mit 10 bis 12% BeO, Metall mit 98% Be und Beryllium-Kupfer mit 4% Be.

Minerale

<i>Beryll</i>	$\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
<i>Edler Beryll</i>	wird je nach Farbe auch als <i>Smaragd</i> , <i>Aquamarin</i> oder <i>Morganit</i> bezeichnet.
<i>Chrysoberyll</i>	Al_2BeO_4
<i>Bertrandit</i>	$\text{Be}_4[(\text{OH})_2/\text{Si}_2\text{O}_7]$
<i>Helvin</i>	$(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Zn})_8[\text{S}_2/(\text{BeSiO}_4)_6]$
<i>Baryolith</i>	$\text{BaBe}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$

Lagerstättenkundliche Stellung

Das Vorkommen des Minerals Beryll ist weitgehend auf das pegmatitisch-pneumatolytische Stadium beschränkt. Der Beryll ist daher ein charakteristischer Gemengteil von Pegmatiten. Berylle werden auch in Gneisen und Skarngesteinen am Kontakt zu Graniten gefunden. Daneben können Berylliumminerale auch in sauren Tuffen oft gemeinsam mit anderen Mineralen, wie Flußspat, Opal, Kalzedon usw., auftreten. Auch die schichtgebundenen Scheelitvererzungen enthalten oft Berylliumminerale. In Kohleaschen sind teilweise Beryllium-Konzentrationen nachweisbar. Gehalte von 0,2% Be im Hauwerk gelten als wirtschaftliche Untergrenze.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada wird bei Salt Lake/Labrador Beryll aus Klüften und Gängen gewonnen. An saure Tuffe sind Beryllumerze in der Grube Topaz Spor-Mountain/Utah (USA) (1977: 180 t Bertrandit!) und Honeywell Comb Hills gebunden, während in der Lagerstätte von White Pine County/Nevada das Berylliumerz in kalkigen Gesteinen auftritt. In der Grube Black Hills/South Dakota werden Beryllumerze aus Pegmatiten abgebaut, wogegen die Erzvorkommen von Park County/Colorado stets an Vergreisungszonen gebunden sind. „Kontaktmetasomatisch“ entstandene Helvinerze werden in Victorio Mountains und Iron Mountains/New Mexico abgebaut. In Alaska sind bedeutende Vorkommen im Gebiet von Lost River/Seward Halbinsel bekannt geworden.

Mittel- und Südamerika: Der wichtigste Beryllumerzproduzent der Erde mit rund 40% Anteil der Weltproduktion ist Brasilien (Gruben in Minas Gerais, Paraiba, Bahia, Rio Grande do Norte). In Argentinien wird Berylliumerz aus präkambrischen Pegmatiten der Sierra de San Luis, der Sierra de Cordoba, Salta und Catamarca gewonnen. Aus Mexiko stammen Berylle aus den Lagerstätten Coahuilas.

Afrika: An Pegmatite gebunden sind zahlreiche, relativ bedeutende Beryllvorkommen in Namibia, der Republik Südafrika (Namaqualand, Kenhardt-District), in Uganda (Grube Shumba, Lunyo usw.), Sambia (Lundazi-District, Kapiri-Mposhi, Sambesi-Graben), Madagaskar (Berere, Ankazobe, Ampandramaika, Malakialina), Mozambique, Zimbabwe-Rhodesien (Bikita Pegmatit) und Zaire (Kobokobo). Die Pegmatite von

Maniema sind wegen ihrer Beryllführung bekannt (Basumbo, Munkuku, Salukwango).

Australien: Die australische Berylliumerzproduktion ist stark im Steigen begriffen (Triple Chance-Mine bei Broken Hill). Zahlreiche Pegmatitkörper werden u. a. auf Beryllium gebaut (Coolgardie).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die UdSSR ist nach Brasilien der wichtigste Berylliumproduzent der Erde. Auch hier werden Pegmatite auf Beryllium gebaut (Ural, Halbinsel Kola, Kasachstan, Altai, Transbaikalien, Ukraine).

Die ehemals bedeutende Berylliumproduktion Indiens ist hingegen stark rückläufig und heute bedeutungslos. Primitive Gewinnung (für Schmucksteine) ist auf Sri Lanka (ehemals Ceylon) im Gange. In Afghanistan werden geringe Mengen an Beryll gewonnen.

Europa: Obgleich die variszischen und prävariszischen Bereiche Europas zahlreiche Pegmatitkörper beinhalten, sind größere, wirtschaftliche Berylliumanreicherungen derzeit nicht bekannt. Ein Hoffnungsgebiet stellt zweifelsohne das französische Zentralmassiv dar. Geringe Mengen an Beryllium werden in Portugal gewonnen.

Österreich: Im Bundesgebiet befinden sich zahlreiche kleine Beryllvorkommen, von denen das Smaragdvorkommen des Habachtals in Salzburg am bekanntesten ist. Beryll ist auch aus zahlreichen kleinen Pegmatitvorkommen der böhmischen Masse bekannt geworden. Von Interesse könnten in Zukunft jedoch die beibrechenden Berylliumerze schichtgebundener Scheelitvorkommen der Ostalpen sein.

Hoffnungsgebiete

Als potentielle Hoffnungsgebiete können die pegmatitreichen Zonen der Alten Schilder der Erde bezeichnet werden (Kanadischer, Baltischer, Sibirischer, Australischer, Afrikanischer, Indischer und Brasilianischer Schild).

Beryllium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

		in short tons	
		Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	vertraulich	28 000	(Bertrandit)
Argentinien	1		
Brasilien	15		
Zimbabwe-Rhodesien	—		
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1		
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	80		
Welt - Gesamt (gerundet)	97 ¹⁾		

Substitution

Beryllium kann wegen seiner spezifischen Eigenschaften nur in Ausnahmefällen ersetzt werden. An seine Stelle können Stahl, Titan oder Grafit treten. In einigen Fällen kann Phosphorbronze Beryllium-Kupfer-Legierungen ersetzen.

Bimsstein und vulkanische Asche

Die amerikanische Literatur unterscheidet hinsichtlich der technischen Verwendbarkeit zwei Arten:

1. Pumice (Bimsstein, ein unterkühltes Glas mit Gesteinsbrocken; spezifisches Gewicht kleiner als 1, Korngröße größer als 2 bis 3 mm),
2. Pumicite (Vulkanische Asche; ein unterkühltes Glas ohne Gesteinsbrocken, Korngröße kleiner als 2 bis 3 mm).

Bimsstein wird ausschließlich zur Erzeugung von Leichtbaustoffen, wie z. B. Mauersteinen, Platten, Rohren und Schwemmsteinen verwendet. Rohbims wird zu diesem Zwecke gebrochen und mit hydraulischen Bindemitteln versetzt; aus dieser Masse werden durch Pressen Formsteine hergestellt. Ein kleiner Teil dient als Betonzuschlag.

Bimssteinpulver wird wegen der spitzen Form seiner Körper als Schleifmittel für Holz- und Lackschliff verwendet.

Lagerstättenkundliche Stellung

Als Bimsstein werden stark durchgaste, hellgraue bis weiße, schaumig poröse Gesteinsgläser eines sauren Neovulkanismus bezeichnet. Bimssteine können durch aerische oder subaquatische vulkanogene Ereignisse weit vom Ausbruchsherd verdriftet werden. Auch aufgearbeitete und resedimentierte Bimssteinlager können von wirtschaftlichem Interesse sein. Bimssteinvorkommen sind vorwiegend in Bereichen mit noch aktivem Vulkanismus in jungen Orogenbereichen zu finden.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Ausgedehnte Vorkommen von Bimsstein sind in Kanada (Saskatchewan und British Columbia) bekannt. In den USA werden Bimssteinvorkommen heute vorwiegend in Arizona, Kalifornien, Nevada, New Mexico und Oregon abgebaut.

Mittel- und Südamerika: Ausgedehnte Bimssteinlagerstätten sind in Guatemala sowie in Guadalupe vorhanden.

Afrika, Australien, Asien: In Afrika, Australien und Asien sind derzeit keine bedeutenden Bimssteinvorkommen bekannt.

Europa: Reiche, hochwertige Bimssteinvorkommen kommen auf der Insel Santorin/Ägäis (Griechenland)

¹⁾ Ohne Produktion der USA.

sowie auf den Liparischen Inseln (Lipari) in Italien vor. Beträchtliche Mengen an Bimsstein und vulkanischer Asche werden im Gebiet um den Laacher See (BRD) gewonnen. In Frankreich, Spanien und Ungarn werden ebenfalls örtlich Bimssteinvorkommen genutzt.

Österreich: Bimsstein und vulkanische Asche werden in Österreich nicht gefördert. Lagerstätten dieser Art sind auch nicht zu erwarten (vgl. jedoch Kapitel Perlit, Puzzolan, Traß!).

Hoffnungsgebiete

Bereiche mit tertiärem bzw. noch heute anhaltendem Vulkanismus sind potentielle Hoffnungsgebiete für Bimssteinlagerstätten (östl. Mittelmeerraum, mittelamerikanische Inseln, zirkumpazifischer Raum).

Bimsstein-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 short tons	
	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	4 856	groß
Frankreich	800	nicht erhebbar
BRD	2 000	nicht erhebbar
Griechenland	1 600	nicht erhebbar
Italien	7 500	nicht erhebbar
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	800	nicht erhebbar
Andere Länder mit zentralisti- sch gelenkter Marktwirt- schaft	nicht erhebbar	nicht erhebbar
Welt – Gesamt (gerundet)	17 600 ¹⁾	nicht erhebbar

¹⁾ Außer Ländern mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft.

Substitution

Bimsstein und vulkanische Asche können durch Kies, groben Sand und gebrochenen Kies, des weiteren durch expandierten Schiefer und Ton sowie durch Diatomit ersetzt werden.

Blei – Zink

Blei ist ein graues, an frischen Schnittflächen bläulich weiß glänzendes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 327° C liegt. Blei ist nach Eisen und Zink das billigste Gebrauchsmetall. Sein Verbrauch für die Herstellung von Akkumulatoren, Bleitetraäthyl und anderen chemischen Verbindungen zeigt auf Grund der wachsenden Motorisierung steigende Tendenzen. Die Verwendung im Legierungs- und Halbzeugbereich stagniert, der Verbrauch an Blei für die Ummantelung von Kabeln ist stark rückläufig.

In Akkumulatoren kommt Blei in drei verschiedenen Formen, nämlich als Hartblei der Gitter, als Bleioxid und metallisches Bleipulver in der aktiven Masse zum Einsatz. Infolge seiner guten plastischen Verformbar-

keit eignet sich Blei zur Herstellung von Kabelummantelungen. Wegen seiner geringen chemischen Aktivität findet es Anwendung im Apparatebau, bei der Erzeugung von Rohren, Blechen, Bändern und Drähten, die sich durch große Säurefestigkeit auszeichnen.

Wichtige Legierungsmetalle für Blei sind Zinn und Antimon. Zinnhaltige Legierungen werden hauptsächlich als Zinnlote mit 2 bis 70% Zinn, als Letternmetall im grafischen Gewerbe, als Bleidruckgußlegierungen sowie als Zusatz in Bleilagermetallen verwendet.

Etwa die Hälfte der Bleilegierungen wird als Lot verwendet. Bleitetraäthyl dient als Antiklopfmittel in Vergaserkraftstoffen. Wichtige Bleichemikalien sind Mennige und Bleiweiß. Mennige wird zur Herstellung von Rostschutzfarben für Eisen und Stahl verwendet. Bleioxide werden in der Porzellan- und Tonwarenindustrie sowie in der Glasindustrie benutzt.

Blei gelangt in Form von Barren, die ein Gewicht von 50 kg aufweisen, in den Handel. Es können folgende Bleisorten unterschieden werden:

Feinblei	99,99 (Pb 99,99), das insgesamt 0,01% Beimengun- gen enthalten darf
Feinblei	99,985 (Pb 99,985)
Hüttenblei	99,94 (Pb 99,94)
Hüttenblei	99,9 (Pb 99,9)
Umschmelzblei	99,75 (Pb 99,75)
Umschmelzblei	98,5 (Pb 98,5)

Bleikonzentrate werden mit Gehalten um 70 bis 80% Pb angeboten.

Zink ist ein bläulichweißes, an blanken Oberflächen stark glänzendes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 419° C liegt. Der größte Teil der Zinkproduktion wird zum Verzinken von Stahl und Eisen (Feuerverzinken, Scheratieren, Metallspritzverfahren und Galvanisieren) verwendet. Zinkstaubfarben dienen ebenfalls dem Korrosionsschutz.

Zink wird ferner zur Erzeugung von Legierungen, wie Messing, Tombak, Rotguß, Neusilber usw., verwendet. Große Bedeutung haben Druckgußlegierungen, die neben Zink 3,5 bis 6 % Aluminium, maximal 2,8% Kupfer und geringe Mengen von Magnesium enthalten.

Ein weiterer Anwendungsbereich für Zink ist die Herstellung von Elementen von Taschenlampenbatterien, Druckplatten usw. In der Metallurgie wird Zink als Reduktionsmittel benutzt.

Große Bedeutung haben Zinkverbindungen. Zinksalze werden als Beizmittel in der Druckerei, als Flammeschutzmittel in der Textilindustrie und vor allem zur Holzkonservierung benutzt. Zinkchlorid ist Bestandteil von Zinkbädern, die bei der Herstellung von Polyacrylfasern verwendet werden, des weiteren von Lötwasser, von Stabilisierungsmitteln, Elektrolyten und manchen pharmazeutischen Präparaten. Zinkoxid wird in der

Farbenindustrie als Pigment, des weiteren als Zusatz zu Kittklebstoffen und zu Spachtelmassen benutzt. Das technisch wichtigste und meist verwendete Zinksalz ist das Zinksulfat, das zu galvanischen Verzinkungsbädern, zur Herstellung von Zinkfarben, in der Erzfotation, der Gewinnung von Reinstzink, als Beiz- und Konservierungsmittel und zur Herstellung anderer Zinkverbindungen benutzt wird.

Zink gelangt in Form von Barren und Platten, die ein Gewicht zwischen 12 und 25 kg aufweisen, in den Handel. Für den Einsatz in Zinkereien gibt es Blöcke im Gewicht von einer Tonne (sogenannte Jumbo-Blöcke). Es können folgende Zinksorten unterschieden werden:

Feinzink	99,995 (Zn 99,995), das insgesamt 0,005% Beimengungen enthalten darf
Feinzink	99,99 (Zn 99,99), in den USA: Special High Grade
Feinzink	99,975 (Zn 99,975)
Feinzink	99,9 (Zn 99,9), in den USA: High Grade
Hüttenzink	99,5 (Zn 99,5), in den USA: Intermediate
Hüttenzink	99 (Zn 99), in den USA: Brass Special
Hüttenzink	98,5 (Zn 98,5) in den USA: Prime Western
Hüttenzink	97,5 (Zn 97,5)
Umschmelzzink	98,5 (UZn 98,5)
Umschmelzzink	97,5 (UZn 97,5)
Umschmelzzink	96 (UZn 96)

Sulfidische Zinkerzkonzentrate werden mit Gehalten von 52 bis 55% Zn angeboten.

Minerale

Bleierze

Bleiglanz	PbS
Boulangerit	Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁
Jamesonit	Pb ₄ FeSb ₆ S ₁₄
Bournonit	PbCuSbS ₃
Cerussit	PbCO ₃
Anglesit	PbSO ₄
Wulfenit	PbMoO ₄

Zinkerze

Zinkblende	ZnS
Wurtzit	ZnS
Zinkit	ZnO
Smithsonit (Karbonat-Galmei)	ZnCO ₃
Hemimorphit (Kiesel-Galmei)	Zn ₄ [(OH) ₂ Si ₂ O ₇] ₂ · H ₂ O
Hydrozinkit	Zn ₅ [(OH) ₃ /CO ₃] ₂
„Galmei“: Sammelname für karbonatische und kieselige Zinkerze.	

Lagerstättenkundliche Stellung

Aus geochemischen Gründen treten Blei- und Zinkerze fast immer gemeinsam, zum Teil auch in komplexen Erzen mit Eisen- und Kupfersulfiden auf. Sie beinhalten bisweilen wirtschaftliche Anreicherungen und Beimengungen seltener Rohstoffe, wie Silber, Antimon, Wismut, Gallium, Indium, Thallium, Selen, aber auch Gangarten wie Fluorit und Baryt. Blei- und Zinkvererzungen sind in Lagerstättentypen verschiedensten Alters (seit dem Präkambrium!) und Entstehung (epigenetisch, syngenetisch, hoch- und niedrigtemperiert, usw.) bekannt. Durch metamorphe Überprägung, verbunden mit Mobilisationsprozessen, ist vielfach eine zusätzliche Stoffkonzentration zu beobachten. Als wichtigste Lagerstättentypen seien erwähnt:

- Schichtgebundene, massive Sulfidvererzungen (Kidd Creek/Ontario)
- Magmatogen-kontaktmetasomatische Vererzungen (Hannover, Magdalena/New Mexico)
- Metamorphe, schichtgebundene Lagerstätten vom Typ Broken Hill und Mount Isa (Australien)
- Gang- und Verdrängungslagerstätten (Tintic/Utah, Cœur d'Alene/Idaho)
- Vulkanogen-stratiforme Vererzungen vom Kuroko-Typ
- In Karbonatgesteinen auftretende schichtig-lagige Vererzungen (Mississippi-Valley, Bleiberg!)
- Imprägnationslagerstätten in Sandsteinen (Mechernich/BRD).

Die Wirtschaftlichkeit von Blei-Zink-Lagerstätten hängt heute nicht allein von der Dimension und dem Lagerstättentyp sowie der daraus resultierenden Abbautechnik ab, vielfach ist auch die quantitative Verteilung von Blei und Zink im Lagerstättenkörper sowie die Führung von ausbringbaren Nebenelementen ein nicht zu unterschätzender Faktor.

Regionale Verbreitung

Nordamerika und Grönland: Die bedeutendsten Blei-Zink-Erzlagerstätten Kanadas (weltgrößter Zink-Erzproduzent!) sind magmatogen-sedimentären Ursprungs und an die „Greenstone-Belts“ des Kanadischen Schildes gebunden (Manitouwadge, Timmins Revier mit Kidd-Creek/Ontario, größter Zn-Bergbau der Welt; Matagami, Val d'Or/Quebec sowie dem Flin-Flon Snow Lake Belt/Manitoba-Saskatchewan). Weitere bedeutende Blei-Zink-Erzlagerstätten liegen im Appalachen-Orogen (vgl. auch USA), im Bathurst-Newcastle-District/New Brunswick, Daniel's Harbour, Buchans/Newfoundland und Stratford/Quebec.

Wichtige Lagerstätten sind im westkanadischen Anteil der Kordilleren (Golden, Myrafalls, New Denver, Kimberley, Beaverdell, Salmo, Sullivan/British Columbia, Faro, Anvil-Mine/Yukon) bekannt. Darüber hinaus werden beachtliche Mengen an Blei-Zink-Erzen aus schichtgebundenen Lagerstätten in Karbonatgesteinen gefördert. Zur Zeit laufen bedeutende Prospek-

tions-, Explorations- bzw. Aufschließungsarbeiten am Howard Pass/Yukon; Great Slave bei Pine Point/Northwest Territories; Dear Lake/British Columbia; Vendome/Ontario; Trout Lake bei Flin Flon/Manitoba; Goldstream/British Columbia. Der Bergbau Yava bei Sydney/Nova Scotia begann erst kürzlich mit der Produktion.

In den Vereinigten Staaten liegen die größten derzeit bekannten Blei-Zink-Lagerstätten der Erde; die wichtigsten Vorkommen befinden sich im nordamerikanischen Plattformgebiet in der Mississippi-Region im Südostteil des Staates Missouri (South East Missouri, Tristate [Picher Lead-Zinc Field mit Ge!] – Mississippi-Typ). Die Lagerstätten sind als schichtgebundene, hydrothermale Erzlager in Kalk- und Dolomitserien des Paläozoikums ausgebildet. Bedeutende Mengen an Bleierzen werden im Kordilleren-Orogen u. a. aus dem Grubenbereich von Cœur d'Alene/Idaho gewonnen. In Alaska werden Bleierze im Kantishna District abgebaut. Weitere Vorkommen von Blei-Zink-Erzen liegen im Südosten des Landes. Zinkerze werden auf der Seward Halbinsel gewonnen.

Daneben bestehen noch zahlreiche Bleierzvorkommen in Colorado (Leadville), Utah (Iron-, Juab-, Summit-, Utah County), Idaho, (Shoshone County), New Mexico und dem Appalachien-Orogen. Wichtige, vorwiegend Zinkerze beinhaltende Lagerstätten liegen darüber hinaus in Tennessee, New Jersey und Oklahoma.

Auf Grönland werden unter schwierigsten klimatischen Bedingungen Blei-Zink-Erze in der Black-Angel-Grube bei Marmorilik gewonnen.

Mittel- und Südamerika: Bedeutende Blei-Zink-Erzlagerstätten liegen in Mexiko und Peru. Die mexikanischen, vorwiegend als Ganglagerstätten ausgebildeten Erzvorkommen befinden sich in den Provinzen Chihuahua (Sta. Eulalia [mit Ag!], Naica Unit, San Francisco Del Oro Mine, Santa Barbara Unit, Plomosa), Durango, Coahuila (La Encantada), Zacatecas (San Martin, Fresnillo), Hidalgo (El Monte), San Louis Potosi (Characas) und Guerrero (Taxco Unit). Weltwirtschaftlich bedeutend sind die peruanischen Blei-Zink-Erzlagerstätten von Cerro de Pasco (1,9 Mio t jato Blei-Zink-Silber-Erze!), Casapalca und San Cristobal. Vorkommen von Blei-Zink-Vererzungen liegen auch im Bereich des La-Oroya-Komplexes. Bolivien verfügt über zahlreiche kleine Lagerstätten (Quimo Mine, Empresa Minera, Minas De San Jose, Mina San Juan, Mina Del Sur, Huari-Huari Mine u. a.). In Brasilien liegen Lagerstätten bei Boquira/Bahia, Furnas, Lageado/São Paolo, Rochna/Parana, Vazante und Itacarambi/Minas Gerais. In Argentinien werden Blei-Zink-Erze in den Lagerstätten Aguilar, Azucar (Jujuy), Gonzalito (Rio Negro) und Angela (Gastre, Chubut) abgebaut. Kleinere Mengen an Blei-Zinkerzen werden in Honduras (El Mochito Mine/Santa Barbara) gewonnen.

Afrika: Eine Häufung von Blei-Zink-Erzlagerstätten ist im alpidisch geformten Orogenbereich des Atlasgebirges in Marokko, Algerien und Tunesien festzustellen. Die bedeutendsten Vorkommen in diesem Bereich sind

u. a. die Lagerstätten von Zeida, Toussit Bou-Beker, in M'Rirt, Kettara Draa Sfar, Ibel Adrar und Aouli et Mibladen in Marokko. Stratiforme Blei-Zinkvererzungen werden zur Zeit in Taguentcha exploriert. In Tunesien sind zahlreiche Kleinvorkommen bekannt (Fradj-Hassan-Mine, Mine de Djebel Hallout). Die Kherzet-Youcef Mine in Algerien begann 1980 mit der Produktion. Der bedeutendste Zink- und Cadmium-Selen-Produzent mit der weltgrößten Germaniumproduktion ist jedoch Zaire mit Bergbauen von Kipushi/Shaba. Die in Namibia liegenden polymetallischen Lagerstätten von Tsumeb (5 Mio t Reserven mit Germaniumerzen), Berg-Aukas (mit Vanadium) und Rosh Pinah sind neben der Lagerstätte von Broken Hill in Sambia wichtige Produzenten von hochwertigen Blei-Zink-Erzen. Geringe Mengen an Erzen werden in der Volksrepublik Kongo abgebaut. In der Republik Südafrika werden bei Pofadder und Prieska Blei-Zink-Erze gewonnen. Eine neue Lagerstätte wurde bei Broken Hill/Kapprovinz (38 Mio t Reserven) erschlossen.

In Ägypten sind bei Um Gheig und Um Samyki vorwiegend oxidische Blei-Zinkerze bekannt.

Australien: Eine der größten polymetallischen hydrothermalen Lagerstätten der Erde ist North Broken Hill in New Southwales, aus der bedeutende Blei-Zink-Erzmengen gefördert werden. Auch Mount Isa/Queensland (55 Mio t Reserven), die Hercules-Mine, Read Rosbery und Mc Arthur River (200 Mio t Reserven) liefern hochwertige Blei-Zink-Erze. Weitere Vorkommen (z. B. Woodlawn-Mine) sind im Erschließungsstadium.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Weltwirtschaftlich bedeutende Blei-Zink-Erzlagerstätten liegen in der Sowjetunion. Die größten Lagerstätten liegen in Kasachstan (etwa 75% der sowjetischen Produktion), wo im Altaigebirge bei Zyryanowskoje, Tschinskij, Belousovsk und anderorts blei- und zinkerzführende Komplexerzlagertäten abgebaut werden. In Südkasachstan werden bei Mirgalimsai, Shalkija und anderorts an Karbonatgesteine gebundene schichtige Blei-Zink-Vererzungen gewonnen. Bedeutende Vererzungen liegen im Tekeli-Bezirk Südostkasachstans. Vulkanogen-sedimentäre bzw. an Skarne gebundene Blei-Zink-Vererzungen werden in Zentralkasachstan bei Karagalij, Akzhal und anderorts genutzt. Westkasachstan verfügt über Blei-Zink-Erzlagerstätten in Dzhanganskij, Priorskoje und anderorts.

In Mittelasien (Usbekistan) liegen bedeutende Lagerstätten von Blei-Zink-Erzen in Kurgashinkan, Altyn Topkan, Kansai, Tary-Ekan. Im Kaukasus werden bei Kizil-Dere, Filizchai, Sadon, Zgid, Fasnal, Nogkau, Kadat-Khanikon Blei-Zink-Erze abgebaut. Im Ural sind kleinere Blei-Zink-Erzlagerstätten bekannt (Gay, Sibay, Uchaly, Levikaha). In Westsibirien (Salair Gebirge) liegen Blei-Zink-Erzlagerstätten im Tuwa-Gebiet (Kyzal Tashtyg), in Mittelsibirien in der Provinz Krasnojarsk. Gangförmige Blei-Zink-Erzlagerstätten treten in Transbaikalien bei Klichka, Savinshkoje und anderorts auf. Im Fernen Osten werden Blei-Zink-Erze am Osthang

des Sichote-Alin-Gebirges bei Tetyukhe (Skarnvererzungen) abgebaut.

Die Blei-Zink-Erzvorräte in der Volksrepublik China sind beträchtlich. Lagerstätten liegen in devonen und karbonen Gesteinsserien der Provinzen Kwangtung, Kwangsi, Kansu, Shansi sowie in präkambrischen Serien im Nordosten Chinas. An mesozoische Gesteine gebunden sind Blei-Zink-Erzlagerstätten in Setchuan und Chekiang.

Weitanhaltende Blei-Zink-Vererzungen liegen im Westen der Provinz Yunnan in den Bereichen zwischen den Flüssen Chinshachiang, Lanchang-chiang und Nuchiang (Lanping) sowie in der Provinz Kwangsi. In der Provinz Kansu liegt zwischen Xihe und Cheng ein großer Blei-Zink-Erzgürtel. Gangförmige Vererzungen werden in der Provinz Hunan (Shuikoushan) bebaut. Weitere Lagerstätten liegen in Totaoling und Panchiechung. Größere Mengen an Blei-Zink-Vererzungen werden in Setchuan (Huili), Kwangsi (Sidin), Liaoning (Chingchengtu, Hsujen, Chaiho) abgebaut.

In Japan sind zahlreiche interessante, wenn auch nur kleinere polymineralische Blei-Zink-Erzlagerstätten bekannt. Sie sind teils vulkanosedimentär (Kurokotyp), teils auch durch Kontaktmetamorphose entstanden. Die wichtigsten Lagerstätten liegen auf Honshu (Kamioka/Gifu; Ezuri Mine, Fukasawa Mine, Kosaka-Uchinotai Mine/Akita) und Südwesthokkaido. Korea verfügt über Blei-Zink-Erzlagerstätten von Yeonhua, Boonpyong und Ulgin.

Im Iran werden Blei-Zink-Erzlagerstätten bei Angouran, Kushk bzw. Shan-Kah erschlossen. Indien weist zahlreiche Blei-Zink-Erzlagerstätten auf, kann den heimischen Bedarf jedoch keineswegs decken. Nahezu 80% der Lagerstätten sind in Rajasthan (Mochia Mogra) nachgewiesen worden. Weitere bedeutende Vererzungen liegen in Andhra Pradesh (Agnigundala), Gujarat (Ambamata), Maharashtra (Nagpur District) und Orissa (Sargipalli). In Burma werden gangförmige Vererzungen in der Bawdwin-Mine bebaut. Kleinere Blei-Zink-Erzlagerstätten liegen auf den Philippinen (Thanksgiving Mine, Cawit). In Thailand wurden in letzter Zeit neue Blei-Zink-Erzlagerstätten in Kanchanaburi (Song Tho Mine, Bo Ngam Mine) sowie in Mae Sot (Pha Daeng) erschlossen.

In der Türkei werden über 20 sulfidische, z. T. auch oxidische Lagerstätten, beschürft.

Ein Großteil von diesen ist sedimentären Ursprungs. Schichtgebundene Blei-Zink-Erzlagerstätten liegen in Karalar/Gazipasa und Ortakonus/Anamur. Im Antitaurus ist die syngenetisch-sedimentäre Lagerstätte von Bakirdag/Kayseri bekannt. In unmittelbarer Nähe davon liegen die Blei-Zink-Erzvorkommen von Zamtı/Develi, welche ähnlichen Ursprungs zu sein scheinen. Weitere Lagerstätten wurden kürzlich in der Nordosttürkei (Harsit Köprübasi) festgestellt.

Europa: Die höchste Förderung an Blei-Zink-Erzen Europas stammt aus Jugoslawien, wo in den Bergbauwerken von Trepča (Kapaonik) und in Bereichen

Makedoniens (Sase, Zletovo) Komplexerze magmatischer Entstehung abgebaut werden. Im Gegensatz zur triadischen, „kalkalpinen“ Lagerstätte von Topla verliert die typomorphe Lagerstätte von Mesica (Mieß) zunehmend an Bedeutung. Weitere Erzbergbaue liegen in Bosnien (Srbenica), Serbien (Slupjana Stijena, Veliki Majadan, Kisnica, Lece), Kriva Fija (Blagodat), Kosovo (Novo Brdo, Tisovik) und Crna Gora (Brskovo). Im Bereich von Vareš, Draskovac und Veocani (Bosnien) sowie Besna Kobia (Serbien) sollen größere Mengen an Blei-Zink-Erzen aufgefunden worden sein.

Seit dem Altertum bekannt sind die – heute weitgehend ausgeerzten – griechischen Lagerstätten von Laurium, deren Entstehung auf einen jungen Granodioritplutonismus zurückgeführt wird. In den Komplexerzlagerstätten von Kassandra und Kirki fallen beachtliche Mengen an Blei-Zink-Erzen an. In den Rhodopen Bulgariens sind etwa 90 gangförmige Pb-Zn-Erzvorkommen bekannt, von denen einige auch bebaut werden. In Rumänien werden Pb-Zn-Erze aus Komplexerzlagerstätten des Baia-Mare-Bereiches, den Ostkarpaten, Poiana Rusca, den Apuseni Bergen und dem Südbanat gewonnen. Eigene Pb-Zn-Erzlagerstätten sind in den nördlichen Ostkarpaten (Rodna, Muncelul Mic und Ocna de Fier) bekannt. In den Westkarpaten liegen an Karbonatgesteine gebundene Vererzungen bei Poniky, Maluwina, Pila, Ardovo und Tiba. Die polnischen Blei-Zink-Erzlagerstätten liegen größtenteils am Nordrand des Schlesischen Beckens. Die wichtigsten Lagerstätten liegen bei Olkusz (Boleslaw-Kombinat), Bytom, Chrzanow. Sie sind zum Großteil an verkarstete triadische Karbonatgesteine gebunden. Die Kupferschiefer-Vorkommen sind wegen ihres hohen Zinkgehaltes bekannt.

Von Bedeutung sind die im Variszikum der BRD liegenden polymetallischen Vererzungen vom Rammelsberg bei Goslar, Meggen und Bad Grund. In der Lagerstätte von Lüderich sind Blei-Zink-Erze an eine Zerrüttungszone gebunden. Die stillgelegte Blei-Zink-Erzlagerstätte von Ramsbeck wird zur Zeit für eine Wiederaufnahme des Betriebes exploriert. Die Vorkommen von Blei-Zink-Erzen in Sandsteinen der Grube Mechernich (Eifel) gelten hingegen als weitgehend ausgeerzt. Zahlreiche klassische Blei-Zink-Erzlagerstätten sind im Clausthaler (BRD) und Freiberger (DDR) Lagerstättenbezirk sowie in der Tschechoslowakei in Příbram, Kutna Hora, Banska Štiavnica und Horni Benesov bekannt.

In Schweden werden beachtliche Mengen an Blei-Zink-Erzen aus Bergbauwerken im Boliden District, dem Garpenberg District, Kristineberg District und dem Laisvall District (Laisvall, zirka 1,2 Mio jato!) gewonnen. Eine eher bescheidene Förderung stammt aus dem Saxberget-, Stekenjokk- und Vassbo District. Darüber hinaus sind in den Svekofenniden Schwedens metamorphosierte Pb-Zn-Erzlagerstätten um Amberg und Skelleftefeld im Abbau. Zink-Erzlagerstätten größerer Dimension liegen im Bereich Zinkgruvan (Nygruvan, Knallagruvan) bei Motola. Die Blei-Zink-Erzproduktion Norwegens war in den letzten Jahren

stark rückläufig (Bleikvassli, Joma, Killingdal, Lökken, Mofjell, Skorovas, Tverrfjellet). Durchaus beachtliche Mengen an Blei-Zink-Erzen werden in den Komplexerzlagerstätten von Outokumpu, Pyhäsalmi und Vihanti in Finnland gewonnen.

In Großbritannien werden Blei-Zink-Erze aus polymetallischen Erzlagerstätten gewonnen. In Irland werden in den Gruben von Tynagh, Navan und im Silvermines-District silberreiche, schichtgebundene Blei-Zink-Erze aus unterkarbonen Gesteinen abgebaut.

In Italien liegen auf Sardinien die großen altpaläozoischen, vulkanogen-sedimentären Blei-Zink-Erzlagerstätten von Masua, Monteponi, Iglesias-Arbus (mit Ge). Ähnliche Lagerstätten treten in Pflersch/Südtirol auf. An triadische Karbonatgesteine gebundene Pb-Zn-Erze werden in Cave del Predil (Raibl), Gorno und Salafossa abgebaut.

In Spanien sind die silberreichen Pb-Zn-Erze von Lineares, La Carolina (Jaen) seit altersher Ziel der Gewinnung. Weitere, zum Teil neu aufgeschlossene Lagerstätten liegen um Cartagena (Minas De Silicatos), Aznalcollar (Sevilla) und Rubiales (Lugo). Frankreich verfügt über Blei-Zink-Erzlagerstätten im Zentralmassiv, bei Largentière (Ardèche), Les Malines (Gard) und Noailhac-Saint Salvy (Tarn). In der Grube von Les Farges (Corrèze) wird vorwiegend Bleierz (gemeinsam mit Schwerspat) abgebaut.

Österreich: In Österreich werden seit dem 15. Jahrhundert Blei-Zink-Erze im Drauzugmesozökum in Bleiberg-Kreuth abgebaut (enge genetische und räumliche Beziehung zu den Lagerstätten Mieß und Raibl!). Darüber hinaus sind silberreiche Blei-Zink-Erze in den Nördlichen Kalkalpen, vor allem in Nordtirol (Lafatsch, Nassereith) und Niederösterreich (Annaberg, Schwarzenberg, Alland u. v. a.) bekannt.

Ausgedehnte Erzgebiete mit silberführenden Blei-Zink-Erzen liegen im Grazer Paläozoikum, den Gurktaler Alpen, der Kreuzeckgruppe sowie in den Schladminger Tauern.

Hoffnungsgebiete

Vulkanogen sedimentäre Lagerstätten präkambrischen Alters sind im Bereich der Alten Schilde der Erde (Kanadischer, Australischer, Afrikanischer und Baltischer Schild, möglicherweise auch Indischer und Brasilianischer Schild) zu finden. Hydrothermale gang- bis lagerförmige Vererzungen sind im Bereich der Kaledoniden, Varisziden und der Alpiden (südamerikanische Kordilleren) sowie im iranischen und malaysischen Plattformgebiet (Vorlandsbereich!) zu erwarten. Zink kann möglicherweise in naher Zukunft auch aus schwermetallhaltigen Schlammten des Roten Meeres gewonnen werden.

Blei-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 metric tons	Reservenbasis
	Bergbau- produktion	
USA	510	42 000
Australien	410	22 000
Kanada	340	20 000
Mexiko	170	5 000
Peru	180	4 000
Jugoslawien	130	5 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	750	32 000
Andere Länder mit zentralisti- sch gelenkter Marktwirt- schaft	930	27 000
Welt – Gesamt (gerundet)	3 420	157 000

Zink-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 metric tons	Reserven- basis
	Bergbau- produktion	
USA	260	48 000
Australien	490	24 000
Kanada	1 040	62 000
Mexiko	220	3 000
Peru	480	7 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1 720	72 000
Andere Länder mit zentralisti- sch gelenkter Marktwirt- schaft	1 530	24 000
Welt – Gesamt (gerundet)	5 740	240 000

Substitution

Blei ist als Installationsmaterial insbesondere durch Plastik substituierbar, ebenso bei Kabelmänteln. Nickel-Cadmium und Silber-Zink können im Batteriebereich Blei ersetzen. In den übrigen Anwendungszwecken ist Blei kaum substituierbar.

Zink kann vielfach durch Aluminium, Magnesium und Kunststoffe ersetzt werden. Im Korrosionsschutz können anstelle von Zink Plastikbeschichtungen treten. Viele Stahlsorten müssen nicht mehr durch Verzinken geschützt werden. In vielen Fällen können Aluminiumlegierungen Messing ersetzen. Aluminium, Magnesium, Titan und Zirkon können in der chemischen Industrie und Pigmentherstellung substituieren.

Bor

Bor bildet grauschwarze, sehr harte Kristalle.

Amorphes Bor wird gelegentlich als Reduktionsmittel und als Getter sowie als Neutronenabsorber in Kernreaktoren eingesetzt. Borkristalle finden als Thermistoren Verwendung. In ppm-Mengen wird es Silizium- und Germaniumhalbleitern zugesetzt.

Geringe Borzusätze zum Stahl in Form von Ferrobor verbessern dessen Härtbarkeit und können größere Mengen anderer Legierungsmetalle, wie Mangan, Nickel, Chrom, Molybdän, ersetzen.

Legierungen mit Metallen (Boride) zeichnen sich durch außerordentliche, oft diamantähnliche Härte aus und werden zur Herstellung von Schleifmitteln verwendet. Dem gleichen Zweck dienen Borkarbide sowie Borazon (BN).

Von großer Bedeutung sind die Verbindungen des Bor. Borate werden zu Schmelzflüssen, in der Emailfabrikation, Borax zur Glaserzeugung und als Flußmittel sowie in der Fotografie und als Desinfektionsmittel verwendet. Borsäure dient zur Herstellung von Borverbindungen, in der Pharmazie als Antiseptikum, bei der Porzellan- und Email-, Fiberglas- und Spezialglaserzeugung.

Perborate, wie etwa Natriumperborat, werden Waschmitteln als Bleichmittel zugesetzt.

In den Handel gelangen verschiedene hochwertige Mineralkonzentrate mit wenigstens 40% B_2O_3 , Ferrobor für Legierungszwecke mit 19 bis 22% B sowie Salze und Borsäure.

Minerale

Sassolin	$B(OH)_3$
Borax (Tinkal)	$Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$
Colemanit	$CaB^{(3)}$
	$B_2^{(4)}O_4(OH)_3 \cdot H_2O$
Ulexit	$NaCa-$ $[B_5O_6(OH)_6] \cdot 5H_2O$
Kernit	$Na_2[B_4O_6(OH)_2] \cdot 3H_2O$
Boracit	$Mg_3[Cl/B_2O_{13}]$

Lagerstättenkundliche Stellung

Bor ist ein leichtflüchtiges Element, das fast ausschließlich durch postvulkanische Ereignisse, wie Soffionen oder Solfataren, an die Erdoberfläche kommt, und dabei in Form von Boratmineralen zur Ausscheidung gelangt. Boratminerale können schichtig oder auch nester- bis linealformig in vulkanogen sedimentären Lagerstätten angereichert werden. In ariden Klimaten enthalten viele Salzseen Borate. Interessant ist das Auftreten von Bor in „Salsen“, d. s. hochmineralisierte Schlammassen in Erdöl- und Erdgasfeldern, welche auch gelegentlich zur Boratgewinnung genutzt werden. Marin-sedimentäre Boratvorkommen, die in Verbindung mit ozeanischen Evaporiten auftreten, sind hingegen ohne wirtschaftliche Bedeutung.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Die größten Boratlagerstätten der Erde befinden sich im Westen der Vereinigten Staaten (Kalifornien). Im Kramerdistrict (Mojave-Wüste) liegen in miozänen Serien mächtige Kernitlager (Kern-

County!). In San Bernardino County werden bei Boron und am Searles Lake Borate tagbaumäßig gewonnen. Im Death Valley werden bedeutende Mengen an Colemanit und Ulexit im Tag- und Grubenbau abgebaut. Aus „Brines“ werden u. a. bei Trona (Kalifornien) Borate extrahiert. Weitere bedeutende Boratlagerstätten liegen im Bereich des Great Salt Lakes (Utah).

Mittel- und Südamerika: In Argentinien werden Borate vorwiegend aus Salzseen gewonnen. Colemanitlager werden in Tres Moros abgebaut, Kernitlager bei Tincalaju. Auch in Peru werden Borate aus Salzseen (Laguna des Salinas) gewonnen. Boratlagerstätten sind darüber hinaus in Bolivien und Chile bekannt.

Afrika und Australien: Weisen keinerlei nennenswerte Boratgewinnung auf.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die Sowjetunion verfügt über ausgedehnte Boratlagerstätten im Kaukasus, in der westlichen Uralvorenseke (Solikamsk) sowie in der Umgebung des Baikalsees. Auf der Halbinsel Kertsch werden „Salsen“ genutzt. Boratlagerstätten liegen auch in der Volksrepublik China. Große boratführende Salzseen sind in Tibet bekannt.

Bedeutende Mengen an Boraten (Colemanit u. a.) werden in der Türkei gewonnen (Emet/Kutahya, Sultanshehir, Kirka, Bigadic u. a.). Um Eskishehir sind noch etwa 1 Mio t an Boratreserven vorhanden (Türkei und USA verfügen über 75% der Weltreserven!).

Europa: Aus borathältigen Soffionen wurde in Italien in Lardarello/Toskana Borsäure (heute geothermale Energie!) gewonnen.

Österreich: In Österreich sind keine Boratlagerstätten bekannt bzw. zu erwarten.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für neue Boratlagerstätten sind vor allem jene Bereiche mit Sedimenten des Tertiärs, welche von Vulkanismus begleitet werden und darüber hinaus in aridem Klima und abflußlosen Kontinentalbecken liegen (z. B. Kalifornien, Türkei, Tibet, China).

Bor-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbauproduktion Borminerale und Verbindungen zwischen 23% und 96% B_2O_3	in 1 000 short tons Reservenbasis	Menge	Gehalt B_2O_3 in %
USA	1 500	230 000	25	
Südamerika:		100 000		
Argentinien	70			
Bolivien	—			
Chile	30			
Peru	30			
China	30	40 000	20	
Türkei	1 300	500 000	25	
UdSSR	250	150 000	20	
Welt – Gesamt (gerundet)	3 200	1 000 000	—	

Substitution

Bei der Spezialglaszeugung (Laborglas!) kann Bor ohne Qualitätsverlust nicht ersetzt werden. In einigen anderen Anwendungszwecken ist eine Substitution möglich, so z. B. für Seifenfabrikation, Detergenzien, Email und in der Landwirtschaft. Für Installationszwecke kann Glaswolle auch ohne Boratzusatz anstelle von Fiberglas verwendet werden, wobei diese dann allerdings weniger feuerbeständig ist.

Brom: siehe Halogene

Cadmium

Cadmium ist ein silberweißes, glänzendes, ziemlich weiches und plastisches Metall, dessen Schmelzpunkt bei 321°C liegt. Eine bemerkenswerte Eigenschaft ist seine hohe Korrosionsbeständigkeit gegenüber Atmosphärien, Salzwasser und Alkalien.

Cadmium findet vor allem als Korrosionsschutz Verwendung. Cadmiumlegierungen (etwa mit 2% Kupfer, 1,5% Nickel und 0,5% Silber) dienen zur Herstellung von Deckmetallen. Legierungen aus 30 bis 50% Cadmium, Blei und 10% Zinn eignen sich zum Löten von Leichtmetallen.

Cadmium wird weiters beim Bau von Akkumulatoren und Normalelementen von Cadmium-Nickel-Batterien benötigt. In der Kernreaktortechnik dienen Cadmiumstäbe als Moderatoren zur Regelung der Reaktorleistung.

Cadmiumverbindungen (Sulfide, Selenide, Telluride) dienen zur Herstellung von Fotozellen und Leuchtstoffen. Cadmopone ($\text{CdS} + \text{BaSO}_4$) wird als Füllstoff von Gummi, Seide und anderen Textilien, zum Färben von Porzellan und Glas sowie für Autolacke verwendet. CdO dient als Medikament zur Trichinosebekämpfung bei Schweinen sowie als Stabilisator und Katalysator in der organischen Chemie.

In den Handel gelangt Cadmium mit einem Reinheitsgrad von 99,5 bis 99,99% in Form von Ingots, Stäben, Linsenanoden und Anoden oder in Form von Granalien zur Herstellung von Farbe.

Minerale

Greenockit

CdS

Lagerstättenkundliche Stellung

Cadmium kann Zink im Gitter der Zinkblende ersetzen. Der Greenockit tritt in der Natur in Blei-Zink-Erzlagerstätten als sekundäre Bildung und nie selbstständig auf. Es gibt keine eigenen Cadmiumlagerstätten. Cadmium wird stets als Nebenprodukt der Zinkerzverhüttung gewonnen.

Regionale Verbreitung und Hoffnungsgebiete

Siehe Blei-Zink!

Cadmium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in metric tons Hütten- produktion	Cd-Metall- Reserven- basis
USA	1 590	110 000
Australien	970	95 000
Belgien	1 300	—
Kanada	1 280	120 000
Japan	2 900	20 000
Mexiko	1 010	20 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	6 170	240 000
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	4 080	75 000
Welt – Gesamt (gerundet)	19 300	680 000

Substitution

Im Korrosionsschutz kann Zink Cadmium teilweise ersetzen. Eisen- und Zinkpigmente können anstelle von Cadmiumpigmenten verwendet werden. Zinnverbindungen können Cadmiumverbindungen als Plastikstabilisatoren ersetzen. Da Cadmium zu den giftigsten Schwermetallen zählt, ist seine Verwendung begrenzt.

Caesium, Rubidium

Caesium ist ein goldschimmerndes, glänzendes, weiches, äußerst reaktionsfähiges Metall, dessen Schmelzpunkt bei 28,5°C liegt. Der wichtigste Rohstoff ist das Mineral Pollucit (25 bis 35% Cs).

Caesium und seine Verbindungen werden auf den verschiedensten Gebieten verwendet: als Gettermaterial in Hochvakuumröhren zur Bindung von Restgasen, in Kaltkathodenröhren (Glimmlampen, Fotozellen usw.), in Caesiumdampfgleichrichtern, in der lichtempfindlichen Schicht von Fernsehkameras, zur Kontrolle der Quarzschwingungen in der sogenannten Caesiumatomuhr. Caesiumdampflampen erzeugen ultrarote Strahlung.

Caesiumverbindungen sowie Caesiumbromid oder Caesiumjodid werden in Szintillationszählern, Caesiumkarbonat in Spezialgläsern verwendet.

Zur direkten Umwandlung von Wärme in Elektrizität könnte ebenfalls Caesium benutzt werden.

Rubidium ist ein silberweißes und dichtes, sehr reaktionsfähiges Metall, dessen Schmelzpunkt bei 38,7°C liegt.

Rubidium eignet sich als Gettermaterial in Elektronenröhren und Hochleistungslampen. Weitere Anwendungen ergeben sich in der Halbleitertechnik für Elektronenzählrohre, Fotokathoden, Fotoelektronenverstärker, als Katalysator, in der Raketentechnik und als Reagenz in der analytischen Chemie.

Minerale

Lepidolith

Formel siehe Lithium, Cs, Rb-führend

Pollucit

$Cs([Al-Si_2O_6])_{1/2} H_2O$, Cs-/Rb-führend

vermehrtem Ausmaße auch aus den Mutterlängen von Kalisalz Lagerstätten gewonnen werden.

Caseum-Welt-Bergbauproduktion (geschätzt)

1979

	in lb Metall Reservenbasis	
USA	-	gering
Kanada	-	76 000
Mozambique	nicht erhebbar	nicht erhebbar
Rhodesien	nicht erhebbar	25 000
Namibia	nicht erhebbar	8 000
Andere	nicht erhebbar	nicht erhebbar
Welt - Gesamt (gerundet)	nicht erhebbar	nicht erhebbar

Rubidium-Welt-Bergbauproduktion (geschätzt)

1979

Keine verlässliche Daten verfügbar.

Substitution:

Die Eigenschaften des Caesiums und Rubidiums und ihrer Verbindungen sind sehr ähnlich. Daher sind in vielen Fällen beide Elemente alternativ verwendbar. Bei der Herstellung lichtempfindlicher Materialien können Tellur, Selen, Silizium oder Germanium an die Stelle der beiden Elemente treten.

Cer: siehe Seltene Erden

Chlor: siehe Evaporite

Chrom

Chrom ist ein weiß glänzendes, hartes Metall von außerordentlicher chemischer Beständigkeit. Sein Schmelzpunkt liegt bei 1 890° C.

Chrom wird vorwiegend als Legierungsstoff verwendet. Legierungen mit Nickel erreichen Höchstwerte an Hitze- und Korrosionsbeständigkeit. In Kupfer erhöht Chrom die Festigkeit. Stählen wird Chrom in Form von Ferrochrom zulegiert, um ihre mechanischen Eigenschaften, wie die Druck-, Zug- und Wärmefestigkeit sowie die Zunderbeständigkeit, zu verbessern.

Nichtkorrosionsbeständige Metalle können durch galvanisches Verchromen vor Oxidation geschützt werden.

Aus Chromit bzw. unter Chromitzusatz hergestellte feuerechte Steine kommen in der Eisen- und Nichteisenindustrie zum Einsatz und sind auch bei hohen Temperaturen gegen den Angriff von Säuren und Laugen beständig. Chromitsande werden in immer größerem Maße zum Ersatz von Zirkonsanden für Gießereizwecke verwendet.

Rubidium und Caesium, welche in fast allen Gesteinen und im Meerwasser nachweisbar enthalten sind, bilden fast keine eigenen Minerale oder Lagerstätten. Bei der Verwitterung von Kalifeldspat und Kaliglimmern magmatischer Gesteine frei werdendes Rubidium und Caesium wird in Tonmineralen sorptiv gebunden. Kalisalz Lagerstätten sind wegen ihrer Rubidiumführung bekannt.

Technisch verwertet werden vor allem rubidiumführende Lepidolithe oder Pollucite, welche örtlich in Pegmatitgängen angereichert sind. Wenn man die

Gewinnung von Rb und Cs auch aus Gesteinen in Betracht zieht, wären die Weltreserven beider Elemente erheblich. Verschiedene granitoide Gesteine können unter Umständen als Armerze in Frage kommen.

Regionale Verbreitung

Amerika: In Kanada wird ein etwa 150 m langer und 18 m breiter lepidolith- und pollucitführender Pegmatitgang in Bernic Lake/Manitoba, u. a. zur Gewinnung von Rubidium und Caesium beschürft. Auch in Val d'Or/Quebec werden derartige Pegmatitgänge bebaut. Die ausgedehnten Kalisalzvorkommen von Carlsbad (New Mexico) in den Vereinigten Staaten, sind wegen ihrer Rubidiumführung bekannt. Pollucit oder andere Cs-hältige Rohstoffe werden aber nicht abgebaut. Geringe Mengen an Rubidium werden als Beiproduct der Lithiumproduktion gewonnen.

Afrika: Ähnliche Vorkommen wie jene Kanadas sind in Namibia (Karibib) bekannt, ebenso in Zimbabwe-Rhodesien (Bikita, Fort Victoria) und Mozambique.

Australien, Asien, Europa (inkl. europäische Sowjetunion): Die permischen Kalisalzlager von Alsace in Frankreich, sowie jene Staufferts in der Deutschen Demokratischen Republik enthalten Rubidium. Pollucit wird in Schweden (Varuträsk-Pegmatit) abgebaut. Australien verfügt über keinerlei wirtschaftliche Vorkommen von Caesium- oder Rubidiumerzen.

Österreich: In Österreich sind keine größeren Caesium- bzw. Rubidiummineralvorkommen bekannt bzw. zu erwarten. Erhöhte Rubidiumgehalte in Glimmern von Pegmatitkörpern sind Einzelerscheinungen und keineswegs als wirtschaftlich anzusehen. Die Rubidiumführung der alpinen Salzlagerstätten ist gering, weil eigentliche Kalisalze fehlen.

Hoffnungsgebiete

Vor allem die Pegmatite der Alten Schilde der Erde können als häufig bezeichnet werden. Rb könnte in

Chromsalze werden in der Gerberei, Färberei, Druckerei sowie der Wasserdichtimprägnierung verbraucht.

Die Verwendung von Chrom und seinen Verbindungen konzentriert sich weltweit auf folgende Industriebereiche:

Stahlindustrie	65–70%
Chemische Industrie	15–20%
Feuerfest-Industrie	10–15%.

Chrom kommt in folgenden Handelsformen auf den Markt: Ferrochrom carburé (60 bis 72% Chrom; 4 bis 10% Kohlenstoff), Ferrochrom affiné (65 bis 75% Chrom 0,5 bis 4% Kohlenstoff), Ferrochrom suraffiné (60 bis 75% Chrom weniger als 0,5% Kohlenstoff), Ferrosilicochrom (35 bis 65% Chrom weniger als 0,05% Kohlenstoff, 20 bis 45% Silizium), Chrommetall wird seltener, und zwar in Stücken, mit 99% Chrom gehandelt.

Bei Chromerzen für die Herstellung feuerfester Steine soll der Gehalt an $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ über 60% betragen. Des weiteren sollen die Erze möglichst viel MgO und wenig FeO (nicht über 12%) enthalten. Die Gangart soll möglichst frei von hydratisierten Silikaten sein, der SiO_2 -Gehalt soll unter 5% liegen. Im Handel angebotene Stückerze und Konzentrate haben Gehalte von mindestens 30 bis 45% Cr_2O_3 , wobei die Mindestgehalte für Anwendungen in der Chemie bei 45% Cr_2O_3 , in der Metallurgie und Feuerfestindustrie bei 30 bis 45% Cr_2O_3 liegen. Daneben werden Sande für Gießereizwecke mit einer Feinheit von mindestens 98% unter 30 mesh gehandelt.

Minerale

Chromit $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Cr}_2\text{O}_4$

Lagerstättenkundliche Stellung

Das in wechselndem Umfang Fe- und Mg-Oxide beinhaltende Chromerz Chromit liegt zumeist in Form von Schlieren oder flözartigen Lagern bis Lagerlinsen an ultrabasische Gesteine (Dunite, Norite, Peridotite usw.) gebunden vor. Die meisten Vorkommen befinden sich im Präkambrium Alter Schilde. Die Chromerze wurden noch im Stadium der magmatischen Schmelze durch Auskristallisieren und gravitatives Absinken angereichert (Stratiformer Typ). Daneben bestehen auch stockförmige, schräg zur magmatogenen Schichtung verlaufende Erzkörper (Podiformer Typ). Derartige Erzkörper liegen zumeist in serpentiniisierten Ultrabasiten von Orogenzügen. Übergänge von einem Typ zum anderen sind bekannt. Um Chromerzlagerstätten sind auch Chromitseifen häufig. Lateritische Anreicherungen von Cr sind zur Zeit noch unwirtschaftlich. Der Verwendungszweck von Chromerz ist stark vom Chemismus des Hauwerkes abhängig (Aluminiumgehalt!).

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada sind Chromitvererzungen im Black Bird River Gebiet/Manitoba und Eastern Township/Quebec bekannt, diese Vorkommen sind

aber unbedeutend. Kleine Vorkommen von Chromiterzen liegen auch in den Vereinigten Staaten von Amerika im Stillwater Complex (Montana). Sie sind derzeit jedoch wirtschaftlich völlig bedeutungslos. Verschiedene Küstensande Oregons führen Chromit. Zur Zeit wird die Möglichkeit überprüft, inwieweit niedrighaltige Erze oder Chrom aus Lateriten wirtschaftlich angereichert werden können.

Mittel- und Südamerika: An Serpentine gebunden sind die kubanischen Lagerstätten in der Provinz Oriente (Cayognan River, Camaguey Revier, Moa). In Brasilien liegen in den Ultrabasiten des Brasilianischen Schildes Chromerze bei Campo Formoso/Bahia, Piracanjuba und Cergeana/Minas Gerais. Die Bergbaue weisen eine rasche wirtschaftliche Entwicklung auf.

Afrika: Die größten Chromitlagerstätten befinden sich in der Republik Südafrika und in Zimbabwe-Rhodesien (rund 90% der Weltreserven!). An die ultrabasischen Intrusionen des Bushveld-Komplexes sind eisenreiche Chromite in über 30 bekannten Flözen gebunden. Die Bergbaue konzentrieren sich um Rustenburg und Lydenburg. Die Produktion ist stark im Steigen begriffen.

Die an Ultrabasite gebundenen Chromerzvorkommen von Zimbabwe-Rhodesien sind erst teilweise erschlossen. Chromitbergbau wird vor allem im Bereich des Great Dykes betrieben (Musengesi, Hartley, Selukwe, Wezda). Kleinere und größere Chromiterzkörper werden in Belingwe, Mashaba und Gwanda beschürft. Beiderseits des Great Dykes sind auch Seifenlagerstätten bekannt. In Kenia liegen Chromerzlagerstätten im West-Pohot-District. Im Präkambrium Madagaskars sind ebenfalls reiche Chromerzvorkommen bei Andriamena bekannt, bei Tananarive liegen noch etwa 800 000 t an Reserven. Auch im Sudan wird Chromit im größeren Umfang abgebaut (Ingessana-Hills, Djebel-Gom und Gabanit). Im Wüstenbereich Ägyptens werden im Bezirk Barramyia Chromerze gewonnen. Im westafrikanischen Schild sind an zahlreichen Stellen Chromitvorkommen bekannt, wie z. B. in Sierra Leone im Kambui Belt (amba, Benda, Waku/Negelehun), Gori Belt, in Togo (Mount Djeti, Aluto) sowie in Benin (Tanguieta).

Australien: In Australien sind bisher keine nennenswerten Chromitlagerstätten gefunden worden. Die Chromerzbergbaue in Neu-Kaledonien sind eingestellt. Explorationsarbeiten werden jedoch in Tiebaghi betrieben.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die gesamte Chromerzförderung der Sowjetunion stammt aus dem Kempirsajskij- und Saranovskij-Massiv des Ural-Orogens; rund 90% der sowjetischen Förderung stammt dabei aus Donskoje und Khrom-Tau (Tagbau). Weitere tagbaumäßig genützte Lagerstätten liegen in Severnoje und Vostok. Daneben sind Chromerzlagerstätten im Kaukasus, Zentral- und Ostsibirien, den Halbinseln Kamčatka und Cukotka sowie der Insel Sachalin bekannt. Die Sowjetunion und die Republik Südafrika fördern rund 50% der Weltproduktion.

Die Chromiterzlagerstätten der Volksrepublik China sind noch weitgehend unerschlossen. Erst kürzlich wurden in der Provinz Yunnan größere Vorkommen entdeckt. Weitere Lagerstätten sind im Tibetplateau bekannt. In den mächtig ausgebildeten Ultrabasiten der Dekhan-Scholle Indiens liegen in Orissa, Bihar und Karnataka bedeutende Chromerzmengen. Die pakistischen Chromerzlagerstätten von Quetta bei Muslimbagh/Zheb sollen in naher Zukunft aufgeschlossen werden. Auf den Philippinen sind große Vorkommen auf Luzon (Masinloc, Zambales Range), Mindanao (Misamis Oriental) und Zentral-Palawan, Plindoro (Mindoro Occidental) bekannt. Die Schwermineralsande von Sulawesi und Halmahera/Indonesien sollen auf ihre Chromitführung untersucht werden. Geringe Mengen an Chromit werden seit 1975 in Thailand (Narathiwat) abgebaut.

In Japan werden Chromiterze auf Honshu (Chugoku-Bezirk) und Hokkaido (Hitaka-Bezirk) abgebaut.

Im Iran sind Chromerzflöze in serpentinierten Ultrabasiten im Faryab-District (Amir, Shariat, Shabin, Reza) und im Esfandageh-District (Abdasht, Soghan, Solé) sowie in zahlreichen Kleinvorkommen vorhanden. Zahlreiche kleine, podiforme Chromiterzlagerstätten sind im Oman bekannt, werden zur Zeit allerdings nicht bebaut.

Bedeutende Mengen an Chromit stammen aus den zahlreichen Lagerstätten der Türkei. Die anatolischen Lagerstätten lassen sich in eine nördliche Chromitprovinz, in eine zentralanatolische Provinz (Raum Bursa, Kütahya, Eskisehir, Isparta) und eine südanatolische Provinz gliedern. Bedeutende Lagerstätten liegen auch im Guleman District (Soridag, Kefdag). Alle diese Vorkommen liegen in Serpentiniten und Ultrabasiten. Die Vorräte der türkischen Lagerstätten werden auf etwa 35 Mio t geschätzt.

Europa: In den ultrabasischen Gesteinsserien der Dinariden liegen die griechischen Chromiterzlagerstätten von Domokos bei Pharsalos, Tsangli, Kozani (etwa 2 Mio t Vorräte), der Halbinsel Chalkidiki (Ormiglia) sowie den Pelagoniden und leiten in die albanischen Chromiterzlagerstätten von Bulquiza, Pogradec, Klos, Elbasan, Tropoje, Kukes und Bater Martenesh über (etwa 800 000 jato!). Im Gegensatz zu den albanischen Lagerstätten ist die der jugoslawischen Chromerzvorkommen stark rückläufig (Radusa, Jezerina). Neue Chromiterzkörper wurden allerdings im Ljubotenmassiv/Mazedonien entdeckt. Geringe Mengen an Chromit werden auf Cypern im Kumulatkomplex (Grube Ayios Nicolaos) gewonnen.

Eine Chromiterzlagerstätte, welche rund 47 Mio t Erz enthalten soll, wurde kürzlich in Finnland in Koitilaisara bei Sodankylae entdeckt. Erwähnenswert ist die Chromiterzlagerstätte von Kemi im Präkambrium der Svekofenniden.

Österreich: Chromit ist, wie auch ultrabasische Gesteine, in den Ostalpen äußerst selten anzutreffen. Bekannte Vorkommen am Hochgrößen bei Oppenberg sowie im Kraubather Ultrabasitstock sind mehrfach

beschürt worden und sind heute nach wie vor auf Grund ihrer geringen Ausdehnung und der extremen Geländesituation unwirtschaftlich.

Hoffnungsgebiete

Als Hoffnungsgebiete sind in erster Linie die Fortsetzungen bekannter Chromerzlagerstätten anzusehen. Die ultrabasischen Gesteinsabfolgen der Alten Schilde sowie der Orogenzonen der Erde können als häufig angesehen werden.

Chrom-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 short tons gross weight Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	—	—
Philippinen	600	3 300
Zimbabwe-Rhodesien	660	1 100 000
Republik Südafrika	3 500	2 500 000
Türkei	750	5 500
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	2 500	53 000
Andere Länder mit zentralisti- scher gelenkter Marktwirt- schaft	2 600	110 000
Welt – Gesamt (gerundet)	10 610	3 800 000

Substitution

Als Legierungsmetall kann Chrom nur in wenigen Fällen durch Nickel, Kobalt, Molybdän oder Vanadium ersetzt werden, im Korrosionsschutz durch Nickel, Zink, Cadmium. In der chemischen Industrie könnte das allerdings giftige Cadmium zur Farbherstellung an Stelle von Chrom verwendet werden.

Columbium: siehe Tantal, Niob

Cyanit (Disthen): siehe Korund

Diabas: siehe Basalt, Diabas und Ultrabasite

Diamant

Diamant ist die kubische Modifikation des Kohlenstoffes, die sich durch außerordentliche Härte und hohe Lichtbrechung auszeichnet.

Das Gewicht der Diamanten wird in Karat ausgedrückt. Das Karatgewicht ist nach internationaler Vereinbarung mit 200 mg festgesetzt und wird als metrisches Karat bezeichnet.

Der Diamant ist ein gesuchter Edelstein, aber nur etwa 5% der natürlichen Diamanten sind durchsichtig, wasserklar und zu Schmucksteinen verschleifbar.

In der Industrie wird der Diamant auf Grund der hohen Härte zum Bohren und Schneiden besonders harter Materialien, zur Panzerung von Bohrkronen und Gesteinssägeblättern, als Ziehstein für dünne Drähte, als Glasschneider und in feinpulverisierter Form als Schleif- und Poliermittel verwendet.

Künstliche Diamanten zeigen infolge von Metalleinschlüssen Halbleitereigenschaften, die in Verbindung mit der guten Wärmeleitfähigkeit zur Herstellung von Temperaturfühlern für den Bereich zwischen -200° C und $+650^{\circ}\text{ C}$ genutzt werden.

Die Diamantsynthese nach dem seit 1954 bekannten HH-Verfahren (Hochdruck-Hochtemperaturverfahren) wird heute im industriellen Maßstab durchgeführt. Das Ausgangsmaterial für die Herstellung künstlicher Diamanten ist Grafit. Die Syntheseprodukte, undurchsichtige, koksartige, feinkristalline Aggregate und farblose und gefärbte Kristalle, werden ausschließlich für technische Zwecke verwendet. 40% der Industriediamanten werden heute künstlich hergestellt. 1970 gelang erstmals auch die Synthese von Schmuckdiamanten, die jedoch nicht kostendeckend ist.

Minerale

<i>Diamant:</i>	C, kubisch
„Bort“:	undurchsichtiger, stengeliger, nicht-schleifwürdiger Diamant.
„Carbonado“:	braunschwarzer Diamant.

Lagerstättenkundliche Stellung

Natürlicher Diamant entsteht unter extremen Druck- und Temperatureinflüssen (ungefähr 1 500 bis 1 700 kbar, ungefähr $1\,200^{\circ}\text{ C}$) aus kohlenstoffhaltigen Substanzen. Primäre Diamantlagerstätten sind an ultrabasische Alkali-Olivin-Gesteine (Kimberlite), welche schlottförmig meist präkambrische Gesteine durchbrechen, gebunden. Die extreme Härte des Diamanten und sein relativ hohes spezifisches Gewicht begünstigen dessen seifenförmige Anreicherung (auch in „fossilen“, meist präkambrischen Seifen!).

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Nordamerika verfügt über keine bauwürdigen Diamantvorkommen.

Mittel- und Südamerika: In Brasilien werden im Staate Minas Gerais vorwiegend Diamantseifen abgebaut. Bei Jequitinhonha werden 70 000 Karat/a gewonnen. Reiche Vorkommen wurden erst kürzlich südlich des Orinoco-Flusses in Venezuela nachgewiesen.

Afrika: Afrika verfügt über die bedeutendsten Diamantreserven. Während die größte Produktion an Industriediamanten in Zaire (Mbuji-Mayo, Tshikapa) erfolgt (1977: 11 Mio Karat!), werden die meisten Schmucksteindiamanten in Namibia und der Republik Südafrika

(Kimberley, Pretoria, Alexander Bay, Springbok, Vredendal) aus Kimberliten und Seifen gefördert. In Lesotho werden in der höchstgelegenen Diamantlagerstätte der Erde (Letsung-la Terai im Malutigebirge) geringhältige diamantführende Gesteinsserien abbaut. In Tansania werden Diamanten aus Kimberliten in Mwadui gewonnen. Seifen werden ferner in Angola, Ghana (Birim-Distrikt), der Elfenbeinküste (Seguela Tartiya), Sierra Leone (Kono), Botswana (Orapa, Letlhakane) u. a. o. gewonnen.

Australien: Verfügt über keine wirtschaftlichen Diamantlagerstätten. Kürzlich begonnene Explorationsarbeiten in Western Australia bei Ellendale haben jedoch erste Erfolge gezeigt.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Den südafrikanischen Lagerstätten ähnliche Vorkommen sind in der Sowjetunion in West-Jakutien (Mir, Udatschnaja) und Sibirien (Angarabereich) bekannt (1977: 12,6 Mio Karat). Die ehemals bedeutende Diamantproduktion Indiens (Lagerstätten in Madhya Pradesh) ist heute stark rückläufig. Auf Borneo werden alluviale Seifen beschürft.

Europa und Österreich: Aus geologischen Gründen ist das Vorkommen von Diamantlagerstätten höchst unwahrscheinlich und im alpinen Teil Österreichs absolut auszuschließen.

Hoffnungsgebiete

Jene Bereiche der Alten Schilde der Erde, die Grüngesteinsintrusionen in Alkaligesteinen und Karbonatiten meist in Form von Ringkomplexen aufweisen, können durchaus als erfolgversprechend angesehen werden. Um bekannte primäre Lagerstätten sind sekundäre Seifenlagerstätten zu erwarten.

Diamant-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in million carats	
	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	-	-
Botswana	2,6	50
Ghana	2,0	25
Republik Südafrika	5,6	50
Zaire	9,4	500
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1,5	30
UdSSR	8,3	25
Welt – Gesamt (gerundet)	29,4	680

Substitution

Als Schleifmittel kann Diamant durch Borazon (BN), Boride, Borkarbid, geschmolzene Aluminiumoxide, Siliziumkarbide, des weiteren durch Granat und Korund ersetzt werden. Synthetisierte Diamanten sind mit natürlichen Steinen vergleichbar.

Diatomit (Kieselgur)

Als Diatomit oder Kieselgur werden sehr feinkörnige, leichte, meist hellgraue Pulver, die aus 70 bis 90% amorpher Kieselsäure (SiO_2), 3 bis 12% Wasser und geringen Mengen organischer Beimengungen bestehen, bezeichnet. Geglühte Kieselgur ist chemisch sehr resistent.

Die Verwendungsmöglichkeiten von Kieselgur ergeben sich aus seiner porösen Beschaffenheit. Wegen seines hohen Gehaltes an Kieselsäure ist Kieselgur auch zur Herstellung von Silikaten geeignet. Technisch wird Kieselgur zum Umkleiden von Wärmeleitungsröhren, zur Wärmeisolierung, zur Herstellung schalldichter Wände, als saugfähiges Verpackungsmaterial von Chemikaliengefäßen, als Träger von Katalysatoren, zur Stabilisierung von in Azeton gelöstem Azetylen, als Scheuermittel, als Filtermittel, zur Erzeugung von Wasserglas und als Füllstoff in der Papier- und Pappeindustrie verwendet. Kieselgur kommt je nach Verwendungszweck getrocknet, gebrannt, kalziniert oder gemahlen in den Handel.

Lagerstättenkundliche Stellung

Als Diatomit oder Diatomiterde werden hellgraue bis weiße, plattig-brechende Gesteine bezeichnet, welche von mikroskopisch kleinen Kieselalgenresten (Diatomeen) aufgebaut werden. Obwohl Algen bereits seit dem Prökambrium bekannt sind, sind wirtschaftliche Diatomitlagerstätten weitgehend auf das Jungtertiär beschränkt. Für Diatomitanreicherung sind optimale Lebensbedingungen der Algen erforderlich, wie sie nur in gut durchlüfteten, lichtdurchfluteten, kalkarmen, mäßig bewegten lakustrischen Becken (ausnahmsweise auch marinen Becken), meist am Rand von Kristallinbereichen (Si-Zufuhr!) gewährleistet sind.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Die größten Vorkommen und derzeit bekannten Reserven an Diatomit liegen in den Vereinigten Staaten in Kalifornien (Lompoc, Santa Barbara County). Bedeutende Vorkommen liegen auch in den Staaten Nevada (Celaton-Mine/Pershine), Oregon, Washington und Florida.

Mittel- und Südamerika: Wirtschaftlich bedeutende Vorkommen sind in Mexiko, Peru und Brasilien bekannt.

Afrika: Die Produktion von Diatomit ist vor allem in Algerien stark im Steigen begriffen. Kleinere Lagerstätten mit weltwirtschaftlich bescheidener Förderung liegen in Ägypten, Kenia und der Republik Südafrika.

Australien: Geringe Mengen an Diatomit werden in Queensland (Toowoomba-Mining-District), New South Wales und Victoria gewonnen.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Große Diatomitvorkommen sind in den zahlreichen Tertiärbecken der Sowjetunion bekannt. Diatomit wird auch in Korea und Thailand (Lampang) gewonnen.

Europa: Die wichtigsten Diatomitproduzenten Europas sind derzeit Frankreich (220 000 jato), Dänemark und Westdeutschland (Soltau/Lüneburg). Auf Island findet eine Diatomitgewinnung in bescheidenem Ausmaß statt. Italien und Spanien weisen eine durchaus beachtliche Produktion an Diatomit auf. Jugoslawien verfügt über kleine Vorkommen in Makedonien. In Rumänien wird Diatomit in mehreren Lagerstätten abgebaut.

Österreich: Die beiden Kieselgurbergbaue Limberg und Oberdürnbach in Niederösterreich förderten im Jahre 1979 keine Rohgur. Zur Zeit werden nur Lagerbestände genutzt. Weitere kleine Vorkommen liegen bei Fallbach, Herrenbaumgarten und Partnach/Wallern.

Hoffnungsgebiete

Als hoffnungsvoll kann vor allem die weitere Erstreckung bereits bekannter Vorkommen angesehen werden (Kalifornien, Mexiko, Frankreich usw.)

Diatomit-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in 1 000 short tons Reserven- basis
USA	714	500 000
Dänemark	205	nicht erhebbar
Frankreich	220	2 500
BRD	50	nicht erhebbar
Island	20	2 500
Italien	33	nicht erhebbar
Korea	20	nicht erhebbar
Mexiko	25	nicht erhebbar
Spanien	22	nicht erhebbar
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	175	nicht erhebbar
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	550	nicht erhebbar
Welt – Gesamt (gerundet)	2 034	nicht erhebbar

Substitution

Geblähter Perlit, Asbest und Quarzsand können an Stelle von Kieselgur bei der Herstellung von Filtern eingesetzt werden. Als Füllstoff kann Kieselgur durch Kalk, gemahlene Quarzsand, Glimmer, Ton, Perlit, Vermiculit und Kalkstaub, als Isolierstoff durch Tonerdeziegel, feuerfesten Ton, Asbest, Mineralwolle, geblähten Perlit und aufgeblätterten Vermiculit ersetzt werden.

Dolomit: siehe Kalk

Dysprosium: siehe Seltene Erden

Eisen

Eisen ist ein bläulich-silberweißes, dehnbare Metall, dessen Schmelzpunkt bei 1 528° C liegt. Reines Eisen ist temporär magnetisch, durch Kohlenstoffzusatz kann ein permanenter Magnetismus erzielt werden. Eisen ist nach Sauerstoff, Silizium und Aluminium das vierhäufigste Element der Erdkruste und mit 4% an ihrem Aufbau beteiligt.

Die Eigenschaften des Eisens lassen sich durch Legieren mit anderen Elementen in weiten Grenzen variieren. Wichtige Legierungselemente sind die Stahlveredler, Chrom, Nickel, Molybdän, Wolfram, Kobalt, Vanadium, Titan, Mangan sowie Silizium und Bor. Etwa 80% der Weltproduktion an Eisen werden zur Herstellung von Stahl und Stahllegierungen, etwa 10% als Gußeisen verwendet.

Wichtige Edel- und Legierungsstähle sind; B-C-Stahl, Ni-Stahl, Mo-Stahl, Mn-Stahl, Mn-Mo-Stahl, Cr-Stahl, Cr-V-Stahl, Cr-Ni-Stahl, Ni-Mo-Stahl, Cr-Ni-Mo-V-Stahl, Cr-Mo-Stahl, Cr-Mo-V-Stahl, Cr-Ni-Mo-Stahl, Si-Mn-Stahl, W-Stahl, Si-Stahl u. a. Edelstähle.

Die gebräuchlichsten Handelsformen sind oxidische Eisenerze mit 50 bis 65% Fe, Pellets mit über 60% Fe sowie Roheisen mit zirka 95% Fe. Daneben wird in zunehmendem Maße Eisenschwamm angeboten.

Minerale

Magnetit	Fe ₃ O ₄
Hämatit	Fe ₂ O ₃
Eisenglimmer	Fe ₂ O ₃
Ilmenit	FeTiO ₃
Limonit:	
Lepidokrokit	γ-FeOOH
Goethit	α-FeOOH
Siderit	FeCO ₃
Ankerit	CaFe[CO ₃] ₂

Lagerstättenkundliche Stellung

Eisenerze kommen in den verschiedensten Lagerstättentypen des magmatogenen, hydrothermalen und sedimentären Kreislaufes vor. Im magmatogenen Stadium sind vor allem die Magnetit- und Titanomagnetit-Lagerstätten vorherrschend. Diese Erze reichern sich vorwiegend im liquidmagmatischen Stadium zumeist in Ultrabasiten und Basiten schliefig durch Absagerung der Metalle an (Tåbergtyp). Umstrittener Genese sind die oxidischen Magnetiterze vom Typ Kiruna/Nordschweden. Diese linsigen bis stockförmigen Lagerstätten von Magnetiten, welche von Apatit und Sulfiden begleitet sein können, erreichen mitunter beträchtliche Dimensionen.

Einen häufigen, wenn auch weltwirtschaftlich heute weniger bedeutenden Vererzungstypus stellen die hydrothermalen Eisenspatlagerstätten dar (Typ Bilbao, Steirischer Erzberg). Diese können gang-, stock- oder lagerförmig auftreten, wobei eine Abgrenzung zu schichtgebundenen Lagerstätten nach wie vor schwie-

rig ist. Vulkanogen-sedimentäre Eisenvererzungen liegen vorwiegend schichtig im Nebengestein. Als Erzminerale können Oxide, Karbonate, Silikate und Sulfide auftreten. Derartige Lagerstätten können gleitend in sedimentäre Eisenlagerstätten ohne vulkanogene Mitwirkung übergehen und äußern sich durch schichtiges oder linsiges Auftreten von Eisenkarbonaten, Oxiden und Hydroxiden mit Quarzit („Itabirite, Quarzbändererze“ des Präkambriums). Durch Einwirkung hoher Temperatur und hoher Drücke können alle angeführten Lagerstätten metamorph umgewandelt werden, wobei sich vor allem aus eisenarmen Mineralen eisenreiche, wie Magnetit oder Hämatit, bilden können. Solche Lagerstätten sind im Präkambrium regional weit verbreitet und zeichnen sich oft durch Vorräte von Milliarden von Tonnen(!) hochwertiger Eisenerze aus.

Im Verwitterungsbereich bilden die Eisenerzlagerstätten (vor allem karbonatische und sulfidische) einen charakteristischen Oxidationshof, welcher oft von bedeutender wirtschaftlicher Dimension sein kann („Eiserner Hut“).

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung sind oolithische, marin-sedimentäre Eisenerzlagerstätten zumeist jurassischen Alters.

In tropischen Klimaten werden Eisenerze auch durch lateritische Verwitterung basischer oder ultrabasischer Gesteine angereichert.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Zahlreiche Eisenerzlagerstätten liegen in den hochmetamorphen Gesteinsserien Kanadas. Hochwertige Eisenerze werden in Carol Lake und Schefferville (Newfoundland/Labrador) tagbaumäßig abgebaut. Ein weiterer Tagbau liegt in Wabush (Scully-Mine). In Quebec produzieren Bergbaue bei Shawville – Bristol Township, Lac Jeannine (Gagnon), Lac Tio (Ilmenit!). Ontario verfügt über zahlreiche mittelgroße Eisenerztagbaue wie Wawa (Siderit!), Atikokan, Adams-Mine (Magnetit!) Marmora, Mosse Mount Griffith-Mine/Bruce Lake, Temagami und Steep Rock Lake. In British Columbia wird tag- und grubenbaumäßig Magnetit auf Texada Island und den Queen Charlotte Islands abgebaut.

In den Vereinigten Staaten von Amerika liegen große Lagerstätten hochwertiger Eisenerze in präkambrischen Gesteinsserien im Bereich des Oberen Sees. Hier werden in den Staaten Minnesota (Mesabi Range), Michigan (Marquette County, Iron County u. a. o.) und Wisconsin Erzlager abgebaut. In Kalifornien werden Eisenerze in Riverside (Eagle-Mountain-Mine) gewonnen. Im Bereich der ehemaligen Labradorgesynklinale liegen große Hämatit-Quarzit-Lagerstätten. Oolithische Eisenerze sind in New York und Alabama (Blinton) aufgeschlossen. Durch Kontaktmetamorphose angereicherte Magnetiterze werden in Iron Springs bei Cedar City (Utah) abgebaut. In Alaska liegen ausgedehnte Eisenerzlagerstätten in Port Snettisham, südlich von Juneau, Klukwan, in der Nähe von Haines und im Illiamna-Gebiet.

Mittel- und Südamerika: Im Bereich des Brasilianischen Schildes („Eisernes Viereck“) liegen reiche Itabiritvorkommen (rhythmischi gebänderte oxidische Eisenerze) in Minas Gerais (Pico de Itabirito, Matuca, Dos Corregos, Periquito, Conceicao, Picarao), Para (Serra dos Carajas) und dem Amazonasbecken. Seit 1973 werden hochwertige Eisenerze aus der Aguas-Claras-Mine bei Belo Horizonte abgebaut (Produktionsziel 1982: 25 Mio t). Gemeinsam mit Mangannerzen werden Eisenerze bei Morra do Urucum abgebaut. Auf Kuba werden in der Provinz Oriente (Bezirke Mayani, Moa und Camaguey) lateritische Eisenerze abgebaut. In Venezuela existieren zahlreiche Großlagerstätten entlang des Orinokoflusses (Cerro Bolivar u. a.). In Chile liegen große Bergbaue bei El Algarrobo, El Tofo und El Romeral. In Peru werden Eisenerze in der Marcona Mine abgebaut. Surinam verfügt über zahlreiche Itabiritlagerstätten, wenngleich derzeit keine Erze abgebaut werden. In Argentinien werden Eisenerze vorwiegend in den Provinzen Jujuy und in Rio Grande gewonnen, können den argentinischen Bedarf jedoch keineswegs decken.

Afrika: Bedeutende oxidische, vorwiegend präkambrische, metamorph überprägte itabiritische Eisenerzlagerstätten liegen in Liberia (Bergbaue um Mount Nimba, Mano River, Bomi-Hills, Bong-Range, Goe). In Senegal soll eine Magnetitlagerstätte beachtlicher Dimension bei Faleme erschlossen werden. Präkambrische Quarzbändererze sind in Sierra Leone (Marampa) bekannt (ältester Eisenerzbergbau Afrikas). Togo verfügt über itabiritische Eisenerzlagerstätten um Mount Djole. Im Kamerun liegen bedeutende Mengen an sauren Eisenerzen bei Kribi und M'belam, in Gabun bei Mecambo (ein Tagbau wird zur Zeit in Belinga erschlossen). Itabiriterze werden in Angola in großen Tagbauen (Casinga-Bezirk) gewonnen.

In Benin (ehemals Dahomey) liegen bei Loumba-Loumba zirka 250 Mio t Eisenerze, die jedoch durch fehlende Infrastruktur zur Zeit unwirtschaftlich sind. In der Republik Südafrika sind Reicherzvorkommen bei Postmasburg und Thabazinni/Transvaal bekannt. Magnetiterz wird im Tagbau von Sishen sowie in Palabora abgebaut.

Im Norden Afrikas sind hydrothermale, metasomatische Eisenerze bei Ouenza und Bou Khardra in Algerien Ziel von Bergbauaktivitäten. In Mauretanien (Fort Gouraud, Tazadit, Rouessa, Fderick) werden präkambrische Eisenerze (Magnetite) abgebaut. Weitere Eisenerzvorkommen sind in Guelb bekannt (rund 2 Mrd t Magnetit). In Marokko sind hydrothermal-metasomatische Lagerstätten bei Ouichane Ziel von Bergbautätigkeiten. Weitere Vererzungen werden in Nador abgebaut. Auch in Tunesien werden in mehreren Bergbauen vorwiegend hydrothermal entstandene Eisenerze gewonnen. In Ägypten werden marin-sedimentäre, oolithische Eisenerze unter anderem bei Assuan und hämatitische Eisenerze vulkanogener Entstehung bei der Oase Baharaya (El Gedida) abgebaut.

Australien: Die australische Eisenerzförderung ist stark im Steigen begriffen. Die Eisenoxidgruppen in Queensland (Biggenden-District), in New Southwales (Rylestone, Mudgee-District), Victoria (Nova-Nova) sind ebenso wie jene in Tasmania (Iron-Cliffs und Savage-River-Mine) stark expansionsfähig. In South-Australia werden in gewaltigen Tagbauen (Iron Monarch, Iron Knob, und Iron-Prince) Jaspilite abgebaut. In Western Australia liegen die bedeutendsten Eisenerzlagerstätten Australiens (Pannawonica, Mount Whaleback, Mount Goldsworthy, Shay Gap-Sunrise Hill, Paraburadoo Mine, Yampi, Mount Tom Price) sowie Koolyanobbing auf dem Yilgarn Block.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die größten Eisenerzvorräte der Erde befinden sich in der Sowjetunion. Der Großteil der Produktion stammt aus Lagerstätten der Ukraine (Kriwoj-Rog, metamorphe Bändererze; Kertsch, marin-sedimentär u. a.). Im Ural liegen zahlreiche sedimentäre (z. B. Swerdlowsk), liquidmagmatische (z. B. Katschkanar) und kontakt-metasomatische Vererzungen (z. B. Magnetogorsk, Chaililovo, Blagodat, Wissokoja Gora, Tscheljabinsk). Bedeutende Lagerstätten metamorpher Bändererze liegen im Bereich der „Kursker magnetischen Anomalie“ Sibirien verfügt über gewaltige Reserven an Eisenerzen verschiedenster Art und Entstehung (Korsunovskoje; Süd-Aldan Revier, Tayozhnoje; Angara-Pitsk Revier; Malokhingan Revier; Wiljuisk, Jakutien u. a.). Auf der Halbinsel Kola werden reiche Titanomagnetitlagerstätten genutzt.

In Indien liegen große Hämatitlagerstätten in den Staaten Orissa und Bihar (Chiria, Barajamda Region). Weitere Lagerstätten sind in Madhya Pradesh (Bailadila), Ost-Maharashtra, Karnataka, Goa, Andhra Pradesh und Rajasthan bekannt. Lateritische Eisenerze sind im Singhbum-Eisenerzrevier Ziel von Bergbauaktivitäten. Magnetiterze werden bei Kudremuk/Karnataka, Bändererze bei Kodatschatri abgebaut. Über basischen Vulkaniten der Philippinen liegen lateritische Eisenerze (Nonoc, Awasan, Dinagat u. a.). Daneben werden auch Magnetite aus Strandseifen gewonnen. Auf Indonesien sind ebenfalls große Vorkommen an Eisenerzen bekannt (Sumatra, Bintan, Lingga, Bangka, Sulawesi und anderorts). Da der Eisengehalt dieser Erze oft jedoch gering ist, darüber hinaus noch die nötige Infrastruktur fehlt, ist an eine Gewinnung vorerst nicht zu denken. In Japan wird Eisenerz in zahlreichen kleinen Bergbauen abgebaut, um dem enormen Bedarf gerecht zu werden. Als Erze werden kontaktmetamorphe Hämatit-Magnetit-Erze (Yaguki, Chichibu), Magnetitsande (Tokushimbetsu) sowie Pyritvererzungen im südlichen Honshu, Schikou und Kiushu abgebaut. Die koreanischen Eisenerzlagerstätten von Musan, Unryul, Songhung, Komdok, Toksong, Tokhyon, Chaeyong, Hason, Toksong und Sohaeri sind noch stark expansionsfähig. Die Eisenerzlagerstätten von Laos, die an sich hochwertige Erze führen (Xien-Khouang-Provinz) sind noch weitgehend unerschlossen.

Ausgedehnte, zum Teil noch unerschlossene Eisenerzlagerstätten liegen in der Volksrepublik China in den

Provinzen Hopeh (Luanien), Shansi (Okou), Setchuan, Yunnan, Anhwei (Jiangyuang Region) sowie auf Hainan (Shilu).

In der Türkei werden Magnetitvererzungen bei Divrigi und in der weiteren Umgebung abgebaut. Weitere Eisenerzlagerstätten liegen in Pinargözü, Karakuz, Keskköprü, in Payas bei İskenderun und Catak. Große Lagerstätten werden zur Zeit bei Hasancelebi aufgeschlossen. In Syrien werden in der Zabadani Region größere Vorkommen minderwertiger Eisenerze auf ihre Bauwürdigkeit untersucht. In Saudi-Arabien laufen zur Zeit Explorationsarbeiten über einer Eisenerzlagerstätte bei Swawim (zirka 300 Mio t, 42% Fe).

Europa: In Europa liegen Eisenerzlagerstätten verschiedenster Genese und Dimension. Am bedeutendsten sind zur Zeit die französischen Minette-Erzabbaue von Lorraine (marin-sedimentär).

Darüber hinaus wird in mehreren Lagerstätten in der Normandie und Anjou geschürft. In Großbritannien werden oolithische Lagerstätten in Northampton, metasomatisch entstandene Vererzungen in Cumberland und Llanherry genutzt. Marin-sedimentäre Eisenerze werden in Musson-Halanzy (Belgien) abgebaut.

Die Bedeutung der spanischen Eisenerzlagerstätten ist nach wie vor groß. Wichtige Lagerstätten liegen im Norden (Bilbao, hydrothermal-metasomatisch), im Nordwesten, Nordosten sowie im Süden des Landes bei Marquesado (Granada). In Portugal liegen zahlreiche Bergbaue auf Eisenerze verschiedenster Entstehung (z. B. Moncorvo, marin-sedimentär).

In Italien werden Eisenerze vorwiegend auf der Insel Elba gewonnen. Die Kiesabbrände von Gavorrano/Toscana werden auch zur Eisenherstellung genutzt. Skarnähnliche Magnetit-Pyrit-Hämatit-Vererzungen werden im Aostatal (Brosso) beschürft.

Die bekannten schwedischen Eisenerzlagerstätten liegen in Kiruna (vulkano-sedimentär?), Gellivare, Leveaeniemi sowie in Bergslaget, Strassa und Graengesberg (magmatogen). Hochwertige Skarnerze werden in Dannemora, Norberg und Persberg abgebaut. In Finnland liegen bei Otanmaeki liquidmagnetische Eisenerzlagerstätten. An Skarne gebundene Vererzungen werden bei Rautuvaara (Kolari) genutzt. Norwegen verfügt über Eisenerzlagerstätten verschiedenster Entstehung (Bjørnevann, metamorphe Bändererze; Fosdalen, vulkano-sedimentär; Mo-i-Rana, marin-sedimentär; Rödsand, Tellnes, liquidmagnetisch).

Die Bedeutung der Eisenerzlagerstätten der Bundesrepublik Deutschland ist demgegenüber stark im Sinken begriffen. Die heutige Produktion stammt aus den Roteisensteinlagerstätten der westlich von Gießen gelegenen Lahn-Dill-Mulde (Grube Fortuna bei Wetzlar, Eisenerzlager an der Grenze Mittel- und Oberdevon), wie auch aus der Grube Wohlverwahrt-Nammen bei Minden, wo Oolithe und Roteisensteine jurassisches Alters abgebaut werden. In der Lagerstätte von Auerbach/Oberpfalz werden stockförmige Braun- und Spateisenerze kretazischen Alters gewonnen. Im

Bereich von Salzgitter werden oolithische, marin-sedimentäre Erzlager abgebaut (Lengede/Bütten, Salzgitter, Haverlahwiese). Sedimentäre, oberjurassische Brauneisensteine sind in der Lagerstätte Konrad Ziel von Bergbauaktivitäten. Die gangförmigen Siegerländer Eisenerze werden hingegen nicht mehr abgebaut. Die BRD ist heute vorwiegend auf den Import brasiliischer und liberianischer Erze angewiesen.

In der ČSSR werden im Zips-Gömörer Erzgebirge bei Rudnany und Gelnica hydrothermale Ganglagerstätten abgebaut. Bei Nižná Slana werden vulkano-sedimentäre Lagerstätten bergbaulich genutzt. In Polen werden bei Tschensnochau und Klobuck Siderit-Chamosit-Lager abgebaut. Neuerdings wurden bei Krzemianka Titanomagnetit-Vererzungen großen Ausmaßes entdeckt. In Bulgarien werden hydrothermal-metasomatische Eisenerze bei Kremikovtzi, kontaktmetasomatische bei Kroumovo und Martinovo bebaut. In Ungarn werden hydroxidische und karbonatische Eisenerze in der Lagerstätte von Rudabanya gewonnen.

Zahlreiche Lagerstätten von Eisenerzen verschiedenster Genese liegen in Jugoslawien, wie Vareš, Tajmiste (vulkano-sedimentär) und Ljubija (hydrothermal), Omarska und Sizak. In Rumänien werden Eisenerzlagerstätten in Capus (marin-sedimentär), Lueta, Poiana Rusca, Teliuc, Ghelar gebaut. Skarnlagerstätten werden in Dealul Boul und Ocna de Fier abgebaut. Durch Verwitterung entstandene Eisenerze werden auf Zypern gewonnen.

Österreich: Die Ostalpen sind zwar reich an Eisenerzlagerstätten, von denen jedoch derzeit nur noch der Steirische Erzberg, eine mächtige Siderit-Ankerit-Massierung in altpaläozoischen Kalken der steirischen Grauwackenzone von wirtschaftlichem Interesse ist. Der zwölf Kilometer nordöstlich von Eisenerz gelegene kleine Eisenerzbergbau gleichen Typs Radmer wurde vor kurzem geschlossen. Die an Marmorzüge des zentralalpinen Kristallins gebundene Sideritlagerstätte von Hüttenberg wurde ebenfalls erst kürzlich geschlossen. Die übrigen, vorwiegend in der Grauwackenzone liegenden Eisenerzvorkommen sind infolge der geringen Größe heute von untergeordneter Bedeutung. Sie waren vielfach Ziel reger Bergbautätigkeit des vergangenen Jahrhunderts. Im Kristallin der Koralpe liegt, weitgehend an die Marmorzüge gebunden, die Eisenglimmerlagerstätte von Waldenstein an der Pack, welche hochwertige Grundstoffe für Rostschutzfarben (nicht zur Eisenherstellung!) produziert. Kleinere Vorkommen ähnlicher Art sind im zentralalpinen Kristallin zu finden, wenngleich deren wirtschaftliche Bedeutung infolge mangelnder Qualität gering ist.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für wirtschaftliche Großlagerstätten (vor allem stratiforme Jaspilit-, Itabirit- und Magnetitlagerstätten) sind die Alten Schilde der Erde (Kanadischer, Brasilianischer, Afrikanischer, Australischer, Sibirischer und Baltischer Schild).

Eisen-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in million long tons Erz Reservenbasis	
		Eisenerz (million long tons)	Ausbringbares Eisen in Mio short tons
USA	84,0	25 000	5 800
Australien	84,0	17 500	11 800
Brasilien	86,0	26 800	18 000
Kanada	53,0	36 000	12 000
Frankreich	32,0	4 000	1 800
Indien	40,0	9 000	6 200
Liberia	20,0	1 400	700
Schweden	24,0	3 300	2 200
Venezuela	13,0	2 600	1 400
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	96,0	19,500	9 800
Andere Länder mit zen- tralistisch gelenkter Marktwirtschaft:			
Volksrepublik China	69,0	6 000	3 000
UdSSR	240,0	109 000	31 000
Andere	23,0	2 200	700
Welt – Gesamt (gerundet)	864,0	262 000	105 000

Substitution

Eisen ist in seinen Hauptanwendungsbereichen nicht ersetzbar.

Erbium: siehe Seltene Erden

Europium: siehe Seltene Erden

Evaporite (Karbonate, Gips, Anhydrit, Steinsalz, Kali- und Magnesiumsalze, Borate)

Karbonate: siehe Kalk

Borate: siehe Bor

Gips und Anhydrit

Als Gips wird die wasserhaltige, als Anhydrit die wasserfreie Form des natürlichen Kalziumsulfates bezeichnet.

Gips wird sowohl in roher als auch gebrannter Form genutzt.

Rohgips findet als Abbinderegler in der Zementindustrie, als Düngemittel in der Landwirtschaft und als Ausgangsstoff für Kalziumfarben in der chemischen Industrie Absatz. Weitere Verwendungsmöglichkeiten bestehen als Füll-, Schmier- und Glättungsmittel.

Gebrannter Gips, das Halbhydrat $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$, wird in großem Maßstab als Baustoff verwendet.

Rohgips soll wenigstens 85%, für Spezialzwecke wenigstens 95% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ enthalten. In der Zementindustrie verwendete Gipse sollen weitgehend frei von Glimmer- und Tonmineralien sein und nur geringe Mengen an MgO enthalten. „Farbgipse“ dürfen keine abrasiven Minerale, quellfähigen Tonminerale und Karbonate oder Anhydrit enthalten. Auch Sulfide und bituminöse Stoffe zählen zu den schädlichen Gemengteilen.

Als Formgips Verwendung findender gebrannter Gips darf keine abrasiven oder grobkörnigen Minerale enthalten und muß frei von Tonmineralen sein. Ebenfalls schädlich sind Gehalte an Karbonaten wie Kalkspat, Dolomit oder Magnesit.

In Baugipsen stören Sulfide, elementarer Schwefel und Anhydrit. Weitere Daten hinsichtlich der Benennung, Verwendung und Prüfung finden sich in der Norm DIN 1168.

Neben den Naturgipsen verwendet die Industrie in zunehmendem Maße Kunstgipse und Kunstanhydrite wie sie etwa bei der großtechnischen Herstellung von Phosphorsäure oder bei der Rauchgasentschwefelung anfallen.

Anhydrit wird als Abbinderegler bei der Betonherstellung und Füllmittel in der Papierindustrie verwendet. In zunehmendem Maße wird Anhydrit wegen seiner guten Verträglichkeit mit Neutronen absorbierenden Bor-säureverbindungen bei Strahlenschutzbauten dem Beton zugesetzt. In der chemischen Industrie ist Anhydrit das Ausgangsmaterial für die Herstellung von Ammonsulfat sowie von Schwefel und Schwefelsäure.

Hinsichtlich der schädlichen Beimengungen zu Anhydritten gilt das bereits beim Gips Gesagte.

Steinsalz

Steinsalz findet in erster Linie Verwendung in der chemischen Industrie für die Chlor- und Ätznatronherstellung, des weiteren für die Produktion von PVC und anderen Kunststoffen sowie für die Holzschutzfarbenindustrie. Salz ist aber auch ein wichtiger Rohstoff für die Darstellung von metallischem Natrium, Natriumhydroxid, Salzsäure, Soda, Natriumsulfat, Natriumchlorat und vielen anderen Chemikalien (Industriesalz).

Große Mengen von Salz (Auftausalz) werden bei der Bekämpfung von Schnee und Eis auf den Straßen benötigt. Geringe Mengen dienen als Düngemittel beim Zuckerrübenanbau und als Unkrautvertilgungsmittel.

Salz (Gewerbesalz) wird des weiteren als Zementzuschlag für Schnellbinder, als Aerosol bei der Staubbekämpfung, in der Seifen- und Teerfarbstofffabrikation, bei der Ledergerbung, zur Herstellung von Glasuren, Emailen, zur Regeneration von Ionenaustauschern, zur Wasserreinigung und Wasserenthärtung sowie in der Metallurgie benutzt.

Darüber hinaus wird Salz bekanntlich als Speisesalz für den Haushalt und in der Nahrungsmittelindustrie

verwendet. Viehsalz (meist stückig) dient als Zusatz zu Mischfutter sowie als Leckstein.

Kalisalze und Magnesiumsalze

Kalisalze werden vor allem zur Erzeugung von Kalidünger gebraucht. Darüber hinaus dienen große Mengen von Kalisalzen zur Herstellung von Industriechemikalien, die das Ausgangsprodukt für die Darstellung von verschiedenen technischen Kaliumverbindungen sind. Aus Carnallit wird auf elektrolytischem Wege Magnesium erzeugt.

Bei den Düngemitteln und Industriechemikalien sind folgende Handelsformen zu unterscheiden:

Chloridische Kalidünger

40er Kali, 40% K₂O;
50er Kali, 50% K₂O;
50er Kali grob, 50% K₂O;
Chlorkalium, 60% K₂O;
Korn-Kali mit MgO, 40% K₂O, 5% MgO;
Magnesia-Kainit grob, 12% K₂O, 6% MgO, 24% Na₂O.

Sulfatische Kalidünger

Kalisulfat 48 bis 52% K₂O, max. 1,5% Cl;
Kalisulfat min. 50% K₂O, max. 0,5% Cl;
Kalimagnesia grob 30% K₂O, 10% MgO.

Industriechemikalien

Kaliumchlorid, 95 bis 99% KCl;
Kaliumchlorid doppelt gereinigt, 99,3% KCl;
Kaliumchlorid chemisch rein, 99,8% KCl;
Kaliumsulfat, 93,95% K₂SO₄;
Kaliumsulfat doppelt gereinigt, 99,5% K₂SO₄;
Kaliumsulfat chemisch rein, 99,6% K₂SO₄.

Aus den stets gemeinsam mit den Kalisalzen auftretenden Magnesiumsalzen werden Magnesiumverbindungen erzeugt und in den Handel gebracht.

Magnesiumverbindungen

Kieserit, 25 bis 27% MgO;
Kieserit, kalziniert, gemahlen, 95% MgSO₄;
Magnesiumchloridlauge, 33% MgCl₂;
Magnesiumchlorid fest, 47% MgCl₂;
Bittersalz, technische und medizinische Sorte, zirka 49% MgSO₄.

Minerale

Gips	CaSO ₄ · 2H ₂ O
Anhydrit	CaSO ₄
Kalisalze, Magnesiumsalze und Steinsalz:	
Sylvin	KCl
Carnallit	KMgCl ₃ · 6H ₂ O
Langbeinit	K ₂ Mg ₂ [SO ₄] ₃
Polyhalit	K ₂ Ca ₂ Mg[SO ₄] ₄ · 2H ₂ O
Schönit	K ₂ Mg[SO ₄] ₂ · 6H ₂ O
Steinsalz	NaCl

Bischofit	MgCl ₂ · 6H ₂ O
Astrakanit (Blödit)	Na ₂ Mg[SO ₄] ₂
Vanthoffit	Na ₆ Mg[SO ₄] ₄
Kieserit	Mg SO ₄ · H ₂ O
Epsomit	Mg SO ₄ · 7H ₂ O
Glauberit	CaNa ₂ [SO ₄] ₂

Lagerstättenkundliche Stellung

Als Evaporite werden jene Eindampfungsprodukte verstanden, welche durch Verdunstung eines wäßrigen Lösungsmittels entstanden sind. Aus einer derartigen Lösung kristallisieren im marinen und kontinentalen Milieu vorerst die schwerlöslichen Komponenten, die Karbonate, gefolgt von Anhydrit, Gips, Steinsalz und schließlich den am leichtesten löslichen Kalium- und Magnesiumsalzen aus. Wirtschaftlich bedeutende Lagerstätten von derartigen Evaporiten sind durch Abschnürung küstennaher mariner Bereiche entstanden, während Borate in kontinentalen lakustrischen Bereichen, oft unter aktiver Beteiligung von Vulkanismus, gebildet worden sind. Als Höhepunkt der Ausscheidungsreihe sind unter idealen Bildungsbedingungen Kalisalzlager entstanden (vorwiegend im marinen Environment!).

Lagerstätten von Evaporiten bilden sich fast ausschließlich in leicht absinkenden Schelfbereichen, im Deltabereich einmündender Flüsse sowie in epikontinentalen Bereichen, welche periodisch überflutet werden. Zur Salzbildung ist arides bis semiarides Klima erforderlich. Derartige Bildungsbedingungen können im günstigsten Falle auch heute bestehen, waren jedoch vorwiegend in postogenen Molassestadien von Gebirgsbildungen begünstigt. Aus diesem Grunde sind viele weltwirtschaftlich bedeutende Salzlagerstätten im Vorland von Gebirgen zu finden. Derartige zeitliche, klimatische und fazielle Bedingungen gab es vor allem im Kambrium bis Ordovizium, im Devon, Perm, zum Teil in diversen Regressionsphasen der Trias und des Jura, im Tertiär sowie in der geologischen Jetzzeit.

In der stark hygrokopischen Eigenschaft der Salze und dem gegenüber dem Nebengestein geringen spezifischen Gewicht liegt die starke Plastizität von Salzkörpern begründet, welche vielfach zum Salzauftrieb führt („Halokinese, Salzmetamorphose, Diapirbildung“).

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Bedeutende Salinarvorkommen *ordovizischen bis siluren Alters* liegen in Kanada (Saskatchewan) und im Nordteil der Vereinigten Staaten von Amerika (New York, Ohio, Michigan, Pennsylvania, Virginia usw.). Devone Kalisalzlagerstätten von oft gewaltigem Ausmaß liegen im östlichen Vorland der Rocky Mountains (Saskatchewan [Esterhazy-Lagerstätten], Alberta/Kanada, North-Dakota/USA). Salinare Abfolgen des Karbons sind auf der Halbinsel Michigan (Iosko County), in New Scotland, Ontario, New Brunswick/Kanada (Steinsalz) und in Montana/USA

(Gipse und Anhydrite), in der Paradoxon Formation Colorados (zirka 2 Mrd t!) sowie in Utah bekannt. Die *permischen* Kalisalzlager Texas' und New Mexicos haben gigantische Ausdehnung (größer als die BRD!). Daneben sind *permische* Salz- und Gipslager in zahlreichen Staaten der USA Gegenstand von Gewinnungsarbeiten (Iowa, Kansas, Oklahoma [„Gipsstaat“], New Mexico). Zahlreiche Salz- und Gipslager treten auch in der *Trias* (Wyoming, Montana, Nevada) und im *unteren Jura* (Utah, Colorado, Texas) auf. In Nebraska werden gelegentlich kalisalzhältige Quellen („Brines“) genutzt. Die bekannten Solequellen lakustrischer Herkunft am Searles Lake (Kalifornien) werden jedoch vor allem zur Lithiumgewinnung herangezogen.

Mittel- und Südamerika: Karbone Salzformationen bestehen im Amazonasgebiet Brasiliens (Coahuila). Jurassische Gips- und Salzvorkommen werden in Peru, Guatemala und Mexiko abgebaut. Auch die Salzstöcke des Golfs von Mexiko sind *jurassischen* Alters.

In *Kreidesedimenten* liegende Salinarformationen werden in Brasilien (Sergipe, Catinguba usw.) genutzt. Ähnliche Lagerstätten sind auch in den Kordilleren Nordargentinens, in Bolivien, Peru und Ecuador bekannt. In Bolivien werden auch Gips- und Steinsalzlagerstätten des *Alttertiärs* abgebaut. Rezent Kalisalzabscheidungen werden in Chile (Provinz Tarapaca und Atacama) sowie in Argentinien (Mar Chiquita usw.) beschürt. Gipsvorräte eozänen Alters liegen auf Jamaika. Im pazifischen Küstenstreifen Perus und in Kolumbien sind *tertiäre* Salz- und Gipsvorkommen bekannt.

Afrika: Afrika ist arm an Gips- und Salzlagerstätten. Die Hauptproduktion an Salz stammt aus Meeressalinen. Salzbergbau wird vor allem in den Atlasländern (Marokko, Algerien) betrieben, wo verschiedene alte Salinarformationen bekannt sind. In Ägypten (westlich von Suez) gibt es ausgedehnte Gipslager. Rezente Kalisalze werden in Marokko (Khermissat), in Tunesien (Sebkha el Melah), sowie im East African Rift Valley in Tansania (an den Seen Balangda und Rukwa) gewonnen.

Australien: Australien verfügt ebenso wie Afrika aus geologischen Gründen mit Ausnahme der kontinentalen Sedimente über keine bedeutenden Salinarformationen. Der Großteil der Salzgewinnung erfolgt aus Meerwasseralinen (Port Hedland, Lake Deborah u. a.). Gips und Salz werden in mehreren kleinen Bergbauen im Westen und Südwesten des Kontinents abgebaut (Yellowdine, Lake Brown, Lake McDonell, Salt Lake usw.).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): *Präkambrische* und *paläozoische* Salinarformationen sind in Sibirien (um den Baikalsee), Persien (Laristan) sowie in Pakistan (Punjab Salt Range) weit verbreitet. *Oberdevone* und *permische* Salzabfolgen sind im Dnjepr-Donetz-Becken (z. B. Romny, Isatschki) vorhanden. Die ausgedehnten Kalisalzlager der Kaspischen Senke

sind *unterpermischen* Alters. Bedeutende Kalisalzlager liegen im westlichen Vorland des Urals (Bereich Obere Kama, Bergbaue bei Soligorsk, Starobinsk, Werchnekamsk). Die Gipsvorräte gelten als „unerschöpflich“. Im östlichen Turkmenien und Usbekistan liegen *oberjurassische* Gips- und Steinsalzvorkommen. Daneben gibt es auch in der Mongolei Salinarabfolgen. *Triadische* Salzlagerstätten liegen in der Volksrepublik China (Tse liu tsin). Bedeutende Gipslager der *Kreide* werden in Indien (Madras) genutzt. *Oligozäne* Gipslager werden in Westsibirien, ähnliche Vorkommen auch in Persien (Laristan) abgebaut. Darüber hinaus sind in zahlreichen anderen Staaten junge bis jüngste Salinarabfolgen bekannt, welche teilweise wirtschaftlich genutzt werden (z. T. Runn von Cutch/Indien).

In Israel werden aus den hochmineralisierten Wässern des Toten Meeres Salze und Magnesium extrahiert. Enorme Ressourcen an Carnallit (rund 10 Mrd Tonnen) sind in Thailand bekannt.

Europa: Mächtige *permische* Kalisalz- und Steinsalzablagerungen werden in West- und Ostdeutschland im Bereich rund um den Harz, dem Werra-Fulda-Gebiet sowie um Hannover grubenmäßig abgebaut (Sieg mundshall-Bokeloh, Hope, Friedrichshall, Siegfried-Giesen, Niedersachsen-Riedel, Braunschweig-Lüneburg, Salzdetfurth, Wintershall, Hattorf, Neuhof-Ellers). Lagerstätten gleichen Typs liegen in den Niederlanden (Bockelo/Enschede), England (Durham, Cumberland), Dänemark und Polen (Kłodawa, Inowrocław). *Permische* Steinsalzlager werden im Ausschlüsse werk Ohwensen bei Stade sowie in der Saline Unterelbe mit Hilfe von Bohrlochsonden genutzt. In Borth/Büderich werden die *permischen* Steinsalzlager hingegen bergmännisch gewonnen. Im alpinen Anteil Bayerns liegen die *oberpermischen* Lagerstätten von Berchtesgaden. Steinsalzlager des *mittleren Muschelkalkes* liegen um Heilbronn, Bad Friedrichshall/Kochendorf. Steinsalzlagerstätten gleichen Alters werden im Solebetrieb Rheinheim mit Hilfe von Bohrlochsonden gewonnen.

Evaporitlagerstätten des *Muschelkalkes* liegen auch in Bulgarien. Mächtige Salz- und Gipslager des *Keupers* (*Obertrias*) werden in England (Newark Gips) und Irland genutzt. Kalisalzlagerstätten gleichen Alters liegen im nördlichen Vorland der Pyrenäen sowie in Nordspanien (Ebrobecken). Mächtige Gipslager des *Eozäns bis Oligozäns* gibt es im Pariser Becken (verstreut über 8 000 km², über 55 m mächtig! „Gippe von Montmatre“) sowie in Südfrankreich und im Ebrobecken (Suria) Spaniens (zum Teil Miozän!).

Die Kalisalzlagerstätten des Oberrheintales sind gleichen Alters. Bedeutende *miozäne* Salinarformationen liegen am Nordrand der Karpaten (Wielicka, Lezkowice-Siedlec und Bochnia in Galizien), welche bis in die rumänische Vorkarpatensenke ziehen. Im transsylvanischen Becken und im Maramures-Becken liegen bedeutende Steinsalzlagerstätten des *Jungtertiärs*.

Miozäne Salinarabfolgen werden auch auf Sizilien (Enna, San Cataldo) genutzt.

Österreich: Die alpinen Salzlagerstätten (mitunter gips- und anhydritführend) sind *oberpermischen* Alters und sind zum Teil in den komplizierten alpinen Deckenbau einbezogen. Die Evaporite liegen in einem brecciösen Gemenge aus Salz und Ton, welches als „Haselgebirge“ bezeichnet wird. Die bedeutendsten Vorkommen liegen in Altaussee, Bad Ischl, Hallstatt, Hallein und Hall/Tirol. Die alpinen Salzvorkommen sind arm bzw. frei von Kali- und Magnesiumsalzen. Größere Kalisalzanreicherungen dürfen aus geologischen Gründen nicht erwartet werden. Die Gewinnung der Salze erfolgt zum Teil in Werkern, teilweise aber bereits durch Bohrlochsonden.

Ausgesprochene Gips- und Anhydritlagerstätten gleichen Alters sind in Wienern, Golling-Abtenau, Spital/Pyrn, Hallberg, Moosegg, Webing, Admont, Puchberg, Preinsfeld, Tragöß u. a. o. bekannt und werden zum Teil auch abgebaut.

Karnische Gipse werden im Gebiet von Reutte (Tirol) gewonnen. *Keupergipse* sind zeitweilig im Semmeringgebiet produziert worden.

Steinsalz-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion Menge	in 1 000 short tons Reservenbasis Gehalt
USA	43 100	groß 95 bis 98% NaCl
Australien	5 400	
Kanada	6 800	
Frankreich	7 300	
BRD	14 000	
Indien	2 200	
Italien	4 700	
Mexiko	5 500	
Großbritannien	9 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	28 000	Die Reserven der Salz produzierenden Länder sind groß, der Gehalt allerdings unbekannt. Daneben besteht noch die Möglichkeit der Gewinnung von Salz aus Meerwasser.
Volksrepublik China	33 000	
Polen	4 600	
UdSSR	17 500	
Andere Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft	10 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	191 000	

Kalisalz-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in 1 000 metric tons K ₂ O Reservenbasis
USA	2 243	300 000
Kanada	6 500	2 700 000
Frankreich	1 900	50 000
BRD	2 500	500 000
Israel	800	300 000
Italien	140	10 000
Spanien	650	60 000
Großbritannien	200	50 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	10	200 000
Andere Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft	12 600	4 900 000
Welt – Gesamt (gerundet)	27 500	9 100 000

Substitution

Ein Ersatz durch andere Rohstoffe ist nicht möglich.

Feldspat – Feldspatvertreter

Als Feldspäte werden in der Natur auftretende Alkali-Aluminium-Silikate bezeichnet. Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung ist unter Kalifeldspäten (Orthoklas, Mikroklin), Natronfeldspäten (Albit, Periklin) und Kalkfeldspäten (Anorthit) zu unterscheiden. Kali- und Natronfeldspäte treten meist gemeinsam auf und kommen als Mischfeldspat in den Handel. Natron- und Kalkfeldspäte bilden Mischkristalle (Plagioklase).

Neben den Feldspäten werden auch Feldspatvertreter (Foide), und zwar vorwiegend Nephelin, der in Form

Gips-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion Menge	in 1 000 short tons Reserven- basis
USA	14 300	350 000
Kanada	8 000	410 000
Frankreich	6 300	
BRD	2 500	
Iran	6 000	
Italien	4 600	
Mexiko	2 000	Große Reserven in den Hauptproduktionsländern,
Spanien	5 000	jedoch keine Daten verfügbar.
Großbritannien	3 500	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	13 900	
Andere Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft	11 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	77 000	2 000 000

von Nephelinsyenit, eutektischen Mischungen von Nephelin und Feldspat, in den Handel kommt, verwendet.

In der Industrie wird als Zusatz zu keramischen Massen vorwiegend Orthoklas, daneben auch Albit, gelegentlich auch Anorthit, verwendet. Porzellanmassen wird Feldspat als Flußmittel zugesetzt. Feldspatvertreter werden vor allem in der Keramikindustrie zur Herstellung von Weichporzellan und in der Waschmittelindustrie verwendet.

In den Handel gelangen meist Mischfeldspäte, begehrte sind jedoch reine Kalifeldspäte. Zur Glasherstellung geeigneter Feldspat muß rein und feinst aufgemahlen sein und soll einen hohen Na_2O -Gehalt aufweisen. Der Fe_2O_3 -Gehalt soll kleiner als 0,08% sein.

Minerale

<i>Orthoklas, Mikroklin</i>	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
<i>Albit</i>	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
<i>Anorthit</i>	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

Feldspatvertreter (Folde)

<i>Leucit</i>	$\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$
<i>Skapolith</i>	$(\text{Na}, \text{Ca})_3[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]\cdot\text{CaCO}_3$
<i>Cancrinit</i>	$\text{Na}_6\text{Ca}_2[(\text{CO}_3)_2\cdot(\text{AlSiO}_4)_6]$
<i>Nephelin</i>	$\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$

Lagerstättenkundliche Stellung

Feldspäte sind wichtige gesteinsbildende Minerale, welche vornehmlich in Magmatiten, vor allem in granitoiden Endgliedern und sauren Ganggesteinen zu finden sind. Mächtige, oft Meter große Feldspatkristalle besonderer Reinheit treten in pneumatolytisch entstandenen Pegmatitgängen auf. Auch in jungen, hydrothermalen Kluftfüllungen ist Feldspat mitunter reichlich vertreten. Feldspat ist ein wesentlicher Gemengteil metamorpher Gesteine und kann gelegentlich zu wirtschaftlichen Konzentrationen angereichert sein.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada werden Nephelinsyenite bergbaulich genutzt (Nephton, Blue Mountain/Ontario). Die Vereinigten Staaten von Amerika stehen derzeit in der Welt-Feldspat-Produktion an der Spitze. Große Abbaue pegmatitischer Vorkommen befinden sich in North Carolina (Mitchell-, Cleveland-, Gaston-County), Kalifornien (Mountain-Mine, San Bernardino County), Connecticut (Middletown), Georgia (Monticello-Mine/Jasper County), South Carolina und Alabama. Feldspatsande werden in Kalifornien (Mountery County) abgebaut.

Mittel- und Südamerika: Zahlreiche Kleinvorkommen an Feldspäten sind in Mexiko, Peru und Uruguay bekannt.

Afrika: Relativ unbedeutende Vorkommen liegen in Transvaal, Republik Südafrika.

Australien: Die Produktion an Feldspat ist derzeit gering. Abbaue liegen in New South-Wales (Triple Chance Mine), South Australia (Old Boolcoomata Mine) und Western Australia (Goodingnow, Wialki).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Wichtige Feldspatabbauwerke findet man in der UdSSR, Japan und Korea; in Indien liegen weit verstreut zahlreiche Kleinvorkommen. In Thailand wird Feldspat in den Provinzen Tak, Ratchaburi und Nakhon Si Thammarat abgebaut.

Europa: Wichtige, zumeist an Pegmatite gebundene Feldspatvorkommen werden in Frankreich in Aigly, Doneras, St. Chély-l'Apchier, Montebas (mit Zinnerzen) gewonnen. Die BRD fördert große Mengen an Feldspat (zweitgrößte Produktion der Welt!). Weitere kleine Vorkommen sind in Italien (Tremenico), Finnland, Schweden, Großbritannien und Spanien bekannt. Aus Norwegen kommen beträchtliche Mengen an Feldspat und Nephelinsyenit.

Osterreich: Im kristallinen Anteil der Ostalpen sind zahlreiche Vorkommen von Feldspat (meist Natronfeldspat) bekannt: Spittal/Drau, Villach, Saualpe, Koralpe, Stubalpe, Oststeirisches Kristallin (St. Radegund, Steg bei Anger), Kreuzeck-Gruppe, Goldeck-Gruppe usw. Bedeutendere Vorkommen an Kalifeldspat liegen in der böhmischen Masse in pegmatitischen Gesteinen.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete sind hauptsächlich in den von Pegmatiten durchzogenen Alten Schilden der Erde, teilweise aber auch in den kristallinen Kernen von Orogenen zu suchen.

Feldspat-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	735	600 000
Frankreich	210	10 000
BRD	425	10 000
Italien	275	10 000
Japan	45	10 000
Norwegen	75	10 000
Schweden	55	10 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1 000	50 000
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	480	290 000
Welt - Gesamt (gerundet)	3 300	1 000 000

Substitution

Kalifeldspat kann in einigen Verwendungszwecken durch Feldspat-Silikat-Gemische, Tone, Talk, Pyro-

phyllit, Spodumen oder Elektrofenschlacken ersetzt werden. In einigen Fällen kann an seine Stelle auch Albit und Nephelinsyenit treten.

Fluor

Fluor ist ein grünlichgelbes, chemisch äußerst aktives Gas. Es wird zur industriellen Darstellung von anorganischen und organischen Fluorverbindungen sowie zur Herstellung von Raketentreibstoffen verwendet.

Von größter Bedeutung für die Herstellung von Fluor und seinen Verbindungen sowie als Schmelzzusatz sind die in der Natur vorkommenden Fluorverbindungen: Kalziumfluorid (Fluorit), Natriumhexafluoraluminat (Kryolith) sowie Fluorapatit.

Fluorit (Säurespat, über 97% CaF_2 , $\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3 < 1\%$) wird zur Herstellung von Fluor, Flußsäure und anderen Fluorverbindungen, Kryolith für die Aluminiumindustrie verwendet. Reinen Fluorit verbraucht auch die keramische sowie die Glasindustrie (Keramikspat, 95 bis 96% CaF). Hüttenwerke benötigen große Mengen an Fluorit (Hüttenspat, 85 bis 95% CaF_2) als Flußmittel. Hüttenspat wird auch zur synthetischen Herstellung von Kryolith verwendet.

Optisch verwendbare Fluoritkristalle, die auch synthetisiert werden, sind für ultraviolette Strahlung gut durchlässig. Sie werden für Linsen und Prismen von optischen Geräten verarbeitet („Apothekerspat“ wegen des hohen Preises!).

In den Handel gelangt Fluorit in grob gebrochenen Stücken als Hüttenspat mit einem Gehalt von mehr als 70% CaF_2 , flotiert, frei von Sulfiden und Kieselsäure, für verschiedene Verwendungszwecke pelletisiert oder brikettiert, als Säurespat oder Keramikspat mit einem Gehalt von mehr als 97% CaF_2 .

Kryolith wird in der Aluminiumelektrolyse als Flußmittel, als Füllstoff von Schleifscheiben, als Fluorierungsmittel in der organischen Industrie sowie als Trübungsmittel für Milchglas und Email in der Keramik und in der Pyrotechnik verwendet.

Fluorapatit tritt als Fluorrohstoff insofern in Erscheinung, als bei der Phosphorsäuredarstellung auch erhebliche Mengen an Flußsäure als Nebenprodukt anfallen.

Minerale

Fluorit (Flußspat)

CaF_2

Kryolith

Na_3AlF_6

Fluorapatit

$\text{Ca}_5[(\text{F},\text{OH})/(\text{PO}_4)_3]$

Topas

$\text{Al}_2[\text{F}/\text{SiO}_4]$

Lagerstättenkundliche Stellung

Flußspat kann einerseits in monomineralischen Lagerstätten, aber auch als wirtschaftliches Beiprodukt in komplexen Vererzungen (vor allem mit Pb-Zn-Ba)

aufreten. Wirtschaftliche Flußspatlagerstätten sind in mehrere Mineralisationstypen untergliederbar. Der bedeutendste und wohl auch verbreitetste Typ ist jener der Gang- bzw. Kluftmineralisationen in Karbonatgesteinen, klastischen Sedimenten oder Granitoiden. Stratiforme Vererzungen, vornehmlich in (bituminösen) karbonatischen Gesteinen, zum Teil marin-sedimentär, zum Teil vulkanogen sowie Verdrängungslagerstätten in Karbonaten längs saurer Intrusiva sind weitere ökonomisch nutzbare Lagerstättentypen. Gelegentlich ist Flußspat auch an Karbonatite und Alkaligesteine gebunden. Weniger verbreitet, aber dennoch von wirtschaftlichem Interesse können netzwerkartige Vererzungen in (sub)vulkanischen Schlotfüllungen (zum Teil brecciat!) sowie Hohlräumfüllungen sein.

Auf pegmatitisch-pneumatolytische Vorgänge ist die Kryolithvererzung vom Typ Ivigtut zurückzuführen. An Phosphate gebundene Anreicherungen von Fluoriden sind sedimentären Ursprungs.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Auf Newfoundland in Kanada wird Flußspat in den Bergbauen auf der Halbinsel Burin abgebaut (Director, Tarefare, Blue Beach). Weitere Lagerstätten liegen auf Cape Breton Island (Nova Scotia), dem Madoc District (Ontario), bei Grand Forks, Liard River (British Columbia) und anderorts. Bei Fort Nelson (British Columbia) wurde erst kürzlich eine bedeutende Lagerstätte entdeckt.

In den Vereinigten Staaten von Amerika (größter Verbraucher!) tritt Flußspat in zahlreichen genetisch verschiedenen Lagerstätten teils selbstständig, teils als wirtschaftliches Beiprodukt in Lagern, Gängen und Klüften auf, wie z. B. in Illinois (größter Produzent der USA; Rosiclare), Kentucky (Crittenden County) Nevada (Nye County), Colorado (zum Teil bedeutende Hohlräumfüllungen!), Montana, Texas, Arizona, Utah und New Mexiko.

Von Bedeutung sind die neu entdeckten gangförmigen Flußspatkörper von Lost River, Seward Peninsula, Alaska (rund 30 Mio t Reserven) sowie des Sweetwater-Districts bei Knoxville, Tennessee. In unmittelbarer Nähe von Rhöolithen liegen die Flußspatlagerstätten im Big-Bend-District in Texas. An Phosphate gebundene Fluormineralisationen sind in Florida, North Carolina, Tennessee, Idaho und Utah bekannt.

An Granite und pegmatoiden Gesteine Grönlands gebunden liegt die bekannte Kryolithmineralisation in der Lagerstätte von Ivigtut. Die Lagerstätte ist heute jedoch weitgehend erschöpft.

Mittel- und Südamerika: Die bedeutendsten Flußspatlagerstätten der Welt liegen in Mexiko (rund 25% der Weltproduktion!). Im Norden von Coahuila, in Chihuahua (San-Francisco-del-Oro-District), San Louis

Potosi (Zaragoza, Rio Verde) sowie im Agua-Chile-District liegen zahlreiche Flußspatlagerstätten, welche meist am Kontakt von Karbonaten zu tertiären Rhyolithen aufsetzen. Flußspat aus Hohlraumfüllungen wird bei Musquiz und Boquillas (Coahuila) gewonnen. Enorme Mengen an Flußspat sind im Bereich der Lagerstätte Las Cuevas bekannt. In Brasilien liegen im Staate Santa Caterina bedeutende gangförmige Flußspatmineralisationen im Criciuma-District. Weitere Lagerstätten liegen in Rio Grande do Norte, Paraiba und Bahia. Bedeutende Vorkommen gibt es in Argentinien (Sierra Grande, Rio Negro, Pata del Indio, Valle Fertil, Saida u. a. o.)

Afrika: Einer großen Zukunft scheinen die Flußspatvorkommen Afrikas entgegenzugehen. In der Republik Südafrika wird Flußspat im Zeerust-Revier/Westtransvaal abgebaut. Im Bushveld-Massiv tritt Flußspat in Gängen und Imprägnationen auf (Water-Berg-District). Erwähnenswert sind auch die kluftförmig auftretenden Flußspatvorkommen bei Buffalo/Naboomspruit. In Namibia sind bei Okorusu an Karbonatite gebundene Flußspatmineralisationen bekannt (derzeit noch keine Gewinnung!). Die kenianische Flußspatproduktion ist stark im Steigen begriffen (Kerio Valley, vulkanogen!). In Angola wird Flußspat im Huila-District abgebaut. Mehrere Flußspatlagerstätten werden in Mosambique (Dianquire, Lupata/Tete, Canxine, Dejarlie/Vila Pery genutzt. In Marokko (El Hammam) und Tunesien (Hammam Zriba) sind ebenfalls bedeutende Flußspatvorkommen bekannt.

Australien: Flußspat wird derzeit in Australien kaum abgebaut, obwohl zahlreiche, wenn auch kleinere Vorkommen bekannt sind (Chillagoe-Herberton, gemeinsam mit Wolfram, Zinn, Forsyth-District/Queensland, Nullagine-Fluß, Pilbara-District/Western Australia, Walwa/Victoria).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die Sowjetunion verfügt über eine Reihe von Flußspatlagerstätten (Burjatische Republik, Usbekistan, Kasachstan, Kirgisien usw.). Die Hauptproduktion stammt aus dem östlichen Transbaikalgebiet (Maritime Kray/Yaroslavsk). In der Mongolei ist die Produktion an Flußspat in der Grube von Berk stark im Steigen (über 150 000 jato). Bedeutende Lagerstätten liegen in Korea und in Thailand (Provinzen Lamphun, Phetchaburi, Mae Hong Son, Kanchanaburi, Ratchaburi u. a.o.) sowohl gangförmig als auch als Verdrängungslagerstätten. In der Volksrepublik China liegen bekannte Flußspatlagerstätten in Chekiang (Wuyi), Liaoning (Kaiping), Jehol (Lunghua) und Hunan (Totaoling, gemeinsam mit Pb-Zn!). Weitere Vorkommen sollen in Fukien, Shantung und Kwangtung vorhanden sein. An kretazisch-tertiäre, saure Magmatite sind die japanischen Lagerstätten gebunden, die auch beachtliche Mengen an Wolfram-, Zinn- und Kupfererzen führen (Hiraiwa, Sasabora, Jinbu, Mihara, Hiei u. a.). Flußspatlagerstätten sind darüber hinaus in Pakistan, Afghanistan, Taiwan, Burma und Persien bekannt.

Europa: Beachtliche Mengen an lager- und gangförmig auftretendem Flußspat werden in Spanien gewonnen (Ribadessella, Cerro Muriano, Caravia, La Collada), teilweise aber auch als Beiprodukt von Blei-Zink-Erzlagerstätten. Stratiforme Vererzungen werden zwischen Almeria und Granada abgebaut. In Italien sind schichtige Vorkommen in Pianciano, gangförmige bei Torgola bekannt. In Südtirol (Rabenstein) laufen zur Zeit umfangreiche Untersuchungsarbeiten auf schichtige Fluoritkörper. Auf Sardinien ist das Gangsystem von Muscadroxiu, Genna, Tres Montes erwähnenswert. Zahlreiche kleinere, wenn auch nicht unbedeutende (gangförmige) Flußspatlagerstätten liegen im französischen Zentralmassiv (Morvan; La Charbonnière bei Limoges, Rossignol, Montroc), den östlichen Pyrenäen (Escaro) und der Provence (Fontsante).

In Großbritannien kommt im Kohlenkalk mit Blei-Zink-Erzen gangförmig auftretender Flußspat bei Durham (Derbyshire) vor. In Beaumont wird ebenfalls Flußspat abgebaut. Die irischen Flußspäte stammen aus dem Bereich von Tynagh.

In der Bundesrepublik Deutschland sind zahlreiche kleine, gangförmige Vorkommen im Schwarzwald (St. Blasien), Harz und in der Oberpfalz (Wölsendorf), bekannt. Schichtige, an Zechsteindolomite gebundene Fluoritmineralisationen werden neuerdings bei Eschwege und Sontra (SW Kassel), Lieth (Schleswig-Holstein) und Caaschwitz bei Gera (Deutsche Demokratische Republik) untersucht, ihre wirtschaftliche Bedeutung ist noch ungenügend bekannt. Geringe Mengen werden in der Tschechoslowakei und in Rumänien (Nord-Dobrudscha, Baia-Mare-Gebiet) gewonnen. In Bulgarien sind Flußspatmineralisationen im Rhodopen-Gebirge bekannt.

Österreich: In Österreich gibt es ebenfalls zahlreiche kleine Flußspatvorkommen, von denen das größte auf der Achsel- und Flecktrogalm im Hollersbachtal liegt. Örtlich tritt Flußspat auch in den Blei-Zink-Lagerstätten des Typs Bleiberg im Drauzug und in Nordtirol auf. Bekannt sind Flußspatmineralisationen im Gutensteiner Kalk der Nördlichen Kalkalpen.

Flußspatvorkommen sind auch in den Radstädter Tauern bekannt.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für neue wirtschaftliche Flußspatlagerstätten sind mesozoische Orogenie wie die Südamerikanischen Kordilleren, die inneramerikanischen Bereiche (Illinoian und Kentucky), das alpidisch geformte Orogen Nordafrikas, zum Teil Thailand und China, die Varisziden Europas, aber auch der Afrikanische Schild.

Flußspat-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

		in 1 000 short tons	
		Bergbau- produktion durchschnitt- licher Gehalt 90% CaF ₂	Reserven- basis
USA	vertraulich	117 000	
Volksrepublik China	390	16 000	
Frankreich	420	24 000	
Italien	220	21 000	
Kenia	100	15 000	
Mexiko	900	68 000	
Mongolei	350	10 000	
Republik Südafrika	380	146 000	
Spanien	180	15 000	
Thailand	230	21 000	
Großbritannien	250	32 000	
UdSSR	560	24 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	420	78 000	
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	700	7 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	5 100 ¹⁾	594 000	

¹⁾ Außer USA

Substitution

Für Fluorit konnte als Flußmittel in der Stahlindustrie bisher noch kein zufriedenstellender Ersatz gefunden werden.

Gadolinium: siehe Seltene Erden.

Gallium

Gallium ist ein glänzend weißes, weiches, dehnbares Metall, dessen Schmelzpunkt bei 30° C liegt.

Gallium wird hauptsächlich in Form seiner Verbindungen (GaAs, GaP und GaN) in der Halbleitertechnik verwendet.

Infolge seines niedrigen Schmelzpunktes wird das Metall, mit wenig Al legiert, zur Herstellung von Thermometern zur Messung von Temperaturen zwischen -15° C und 1200° C verwendet. Ferner wird es als ungiftige Sperrflüssigkeit zu Gasvolumsmessungen bei höheren Temperaturen benutzt. In der Elektronik und Elektrotechnik werden GaP, GaAs und GaSb wegen ihrer Halbleitereigenschaften zur Herstellung von Halbgewertern, Fotoelementen, Thermogeneratoren, Injektionslasern und wegen ihrer piezo-elektrischen Eigenschaft in Ultraschallgeräten benutzt.

Galliumlegierungen dienen als Schmelzsicherung und als Wärmeaustauscher im Reaktorbau.

In den Handel gelangt Gallium mit einer Reinheit von 97 bis 99,9999%. Den Hauptmarktanteil nehmen die höheren Qualitäten ein.

Minerale

Gallit Cu GaS₂

Lagerstättenkundliche Stellung und regionale Verbreitung

Galliumminerale bilden keine eigenen Lagerstätten. Gallium wird vorwiegend in Zinkblenden angereichert, wobei höhere Konzentrationen mit dem Nachweis des Spurenminerals Gallit verbunden sind. Örtlich zeigen auch Kohlenaschen höhere Galliumgehalte. Mitunter ist Gallium auch adsorptiv an Feldspäte, Tone und Bauxite gebunden (Ungarn!), weil das Al durch Ga ersetzt werden kann. Galliumminerale sind örtlich auch in Pegmatitkörpern zu finden. Ansonst entspricht die lagerstättenkundliche Stellung sowie die regionale Verbreitung jedoch weitgehend jener der Blei-Zink-Lagerstätten, weshalb auf diese verwiesen werden soll.

Hoffnungsgebiete

Siehe Blei – Zink.

Welt-Bergbau-Produktion und Reserven (1979)

Die Daten der Galliumproduktion werden von den Betrieben geheimgehalten. Die jährliche Weltproduktion dürfte bei 14 000 bis 20 000 kg liegen.

Substitution

Beim Bau lichtemittierender Diode kann Gallium durch organische Flüssigkristalle ersetzt werden, durch Silizium und Germanium bei den Halbleitern.

Germanium

Germanium ist ein sehr sprödes, grauweiß glänzendes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 937° C liegt.

Germanium ist für infrarote Strahlung transparent und wird zur Herstellung von optischen Linsen verwendet. Germaniumsalze erhöhen die Lichtbrechung von Glas. Als Halbleiter wird Germanium zur Erzeugung von Dioden und Transistoren benutzt.

Bedeutung hat auch die Herstellung von germanium-hältigen Legierungen. Zinn, in geringen Mengen zugesetzt (0,35% Ge), erhöht dessen Härte auf das Doppelte. Germanium-Gold-Legierungen mit Germaniumgehalt von zirka 12% schmelzen bereits bei 359° C und werden von Goldschmieden zum Löten benutzt. Die Walzbarkeit von Duraluminium kann durch den Zusatz von Germanium verbessert werden.

In den Handel gelangt Germanium als Metall mit einem sehr geringen Gehalt an Verunreinigungen (weniger als 1 ppm) sowie in Form von Germaniumoxid mit weniger als 20 ppm Verunreinigungen.

Minerale:

Argyrodit	Ag_8GeS_6
Canfieldit	$\text{Ag}_8(\text{Sn},\text{Ge})\text{S}_6$

Reniérit	$Cu_3(Fe, Ge)S_4$
Germanit	$Cu_3(Fe, Ge)S_4$

Lagerstättenkundliche Stellung und regionale Verbreitung

Germaniumminerale bilden keine eigenen Lagerstätten. Germanium kann Zink im Gitter der Zinkblende ersetzen sowie im Enargin der Kupfererze vom Typ der „Disseminated-Copper-Ores“ und in Fahlerzen auftreten. Es wird als oxichalkophiles Element in Sulfiden angereichert. Die lagerstättenkundliche Stellung sowie die regionale Verteilung entspricht weitgehend jener der Blei-Zink-Lagerstätten, weshalb auf diese verwiesen werden soll. Örtlich erweisen sich auch Kohlen- und Erdölrückstände als Ge-führend (Japan!).

Hoffnungsgebiete

siehe Blei – Zink

Germanium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in kg-Metall	
	Hüttenproduktion	Reservenbasis
USA	23 000	380 000
Republik Südafrika	nicht erhebbar	bescheiden
Zaire	nicht erhebbar	groß
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	77 000	groß
Andere Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft	9 000	bescheiden bis groß
Welt – Gesamt (gerundet)	109 000	1 800 000

Substitution

Bei der Herstellung von Halbleitern ist Germanium durch Silizium ersetzbar, hält jedoch seine Stellung im Hochfrequenzbereich und bei starken Strömen.

Gips und Anhydrit: siehe Evaporite

Glimmer, Phlogopit

Als Glimmer werden helle bis dunkle, bevorzugt nach einer Fläche spaltbare hydroxil- und alkali-, häufig auch fluorhaltige Tonerdesilikate bezeichnet. Von den zahlreichen Arten dieser Mineralgruppe finden der Muskovit und der Phlogopit technische Verwertung. Technologisch wichtige Merkmale dieser beiden Minerale sind ihr ungewöhnlich hoher elektrischer Widerstand, ihre hohe Temperaturbeständigkeit, ihr gutes Isoliervermögen gegenüber Wärme und ihre chemische Stabilität.

Der weitaus größte Verbraucher von Glimmer ist die Elektroindustrie. Zur Verwendung gelangen aus

großen Glimmerplatten hergestellte Stanzeile sowie Verbundisolierstoffe aus aufgespaltenen Glimmern.

Abfälle und feinblättrige Glimmer werden zu Mahlprodukten, die als Füllstoffe, Glanzstoffe und Isolierstoffe Verwendung finden, weiterverarbeitet. Altbekannt ist die Verwendung von Glimmer zur Herstellung von feuerfesten Fenstern von Öfen.

In den Handel gelangt Glimmer als Blockglimmer, von dem je nach Qualität (qualitätsbeeinträchtigend sind Luftblasen, Flecken, Strukturbeträchtigungen, Welligkeit, Risse) 6 Sorten unterschieden werden:

„block“ = fehlerfreie Platten in verschiedener Größe von 1–0,5 mm Dicke;

„film“ = desgleichen, dünner als 0,5 mm

„splittings“ = Platten von 0,10–0,03 mm Dicke, Größe 1"×1" bis 2"×3";

„book“ = feinste Spaltplatten von 0,10–0,03 mm Dicke von gleicher Größe und Farbe, die als Büchlein verpackt werden. Zum Aufheben der Adhäsion wird Glimmerpuder zwischen die Blätter gestreut;

„scrap“ = Abfall;

„powder“ = vermahlerer Abfall unterschiedlicher Dicke von nicht mehr als 8 mm Durchmesser. Verwendung als Zusatz zur Dickspülung bei Erdölbohrungen, für die Herstellung von Kautschuk, Farben und Schmiermitteln.

Wachsende Bedeutung erlangt auch die Herstellung von künstlichem Fluorphlogopit aus Kaliumfluorsilikat, Kalifeldspat, Aluminium- und Magnesiumoxiden sowie Quarzsand.

Minerale

Muskovit $KAl_2[(OH,F)_2/AlSi_3O_{10}]$ (feinschuppiger Muskovit: Serizit!)

Phlogopit $KMg_3[(F,OH)_2/AlSi_3O_{10}]$

Biotit $K(Mg,Fe^{2+})_3[(OH)_2/(Al,Fe^{3+})Si_3O_{10}]$

Lagerstättenkundliche Stellung

Hochwertige, großplattige, tafelige (vor allem Muskovit) Kristalle sind fast ausschließlich in Pegmatitkörpern kristalliner Gesteinskomplexe zu finden. Phlogopite liegen dagegen vorwiegend im Kontaktbereich von Sedimentgesteinen zu Plutoniten (z. T. Pyroxeniten) in Form von Klüftchen oder Bändchen.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Kanada ist arm an verwertbarem Tafelglimmer, dafür relativ reich an Phlogopit.

In den Vereinigten Staaten von Amerika bestehen derzeit keine wirtschaftlichen Vorkommen von tafeli-

gem Glimmer. Die Hauptvorkommen in New England, Virginia, Alabama und andere sind weitgehend erschöpft. Demgegenüber sind die Reserven an feinkörnigem Schuppenglimmer enorm (rund 60% der Weltproduktion: Lagerstätten in North Carolina, Alabama, Connecticut, Georgia, New Mexico, Pennsylvania, South Carolina und South Dakota).

Mittel- und Südamerika: Relativ große Tafelglimmervorkommen liegen in Brasilien (Minas Gerais; Santa Maria do Suassuai). In Guatemala wird Glimmer bei Zacualpa (Quicke Department) abgebaut. Lagerstätten tafeligen Glimmers sind auch in Argentinien und Mexiko bekannt.

Afrika: Große Mengen, wenn auch an minderwertigen Glimmern stammen aus der Republik Südafrika (Ost-Transvaal, der Kapprovinz und anderwärts). In Mozambique werden Pegmatitkörper in Ribaué und Alto Ligonha u. a. auf Tafelglimmer bebaut. Auf Madagaskar werden bedeutende Mengen an Phlogopit gewonnen (Ampandrandava, Benato). Geringe Mengen an Tafelglimmer liefern Tansania, der Sudan und Zimbabwe-Rhodesien (Kamativi).

Australien: Weist derzeit keine nennenswerte Glimmergebung auf.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Indien zählt zu den bedeutendsten Glimmerproduzenten der Erde. Die größten Mengen stammen aus Bihar („Glimmer Gürtel“), Andhra Pradesh (Guntur-District), Rajasthan und Tamil Nadu (Madras).

Darüber hinaus sind Tafelglimmervorräte in Süd-Korea und Sri Lanka bekannt.

In der Sowjetunion werden hochwertige Glimmer bei Irkutsk und Sludjanka, in Jakutien, Karelien (Plotina, Malinovaja, Karakka, Tedino) und auf der Halbinsel Kola gewonnen. Ausgedehnte Phlogopitlager werden auf der Sibirischen Tafel (Aldan) genutzt.

Europa: Europa ist arm an wirtschaftlichen Tafelglimmerlagerstätten. In Süd-Norwegen werden derartige Glimmer in geringem Umfang abgebaut. Im französischen Zentralmassiv werden örtlich Pegmatitgänge auf Glimmer bebaut. Geringe Mengen werden auch in Portugal und Jugoslawien gewonnen.

Österreich: Glimmer treten im Bereich der Koralpe und Saualpe auf, wo sie lokal auch kurzfristig gewonnen worden sind. Der heimische Bedarf an Glimmermehl wird durch die Verarbeitung von Weißschiefern derzeit völlig gedeckt. Demgegenüber besteht in den Ostalpen sowie im Anteil der Böhmisches Masse nach dem derzeitigen Stand der Untersuchung keine Hoffnung auf Lagerstätten mit großtafeligen Glimmern.

Hoffnungsgebiete

Die weitverbreiteten kristallinen Gebiete der Erde können für die Gewinnung von Glimmermehl als erfolgversprechend angesehen werden. Lagerstätten

hochwertiger Tafelglimmer sind in den von Pegmatiten durchzogenen Arealen der Alten Schilde (Brasilien, Afrika, Madagaskar, Indien usw.) zu erwarten.

Tafelglimmer-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion in 1 000 short tons	Reserven- basis
USA	—	gering
Brasilien	350 ¹⁾	groß
Indien	15 000 ¹⁾	sehr groß
Madagaskar	250	groß
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1 100	bescheiden
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Markt- wirtschaft	1 100	groß
Welt – Gesamt (gerundet)	17 700	groß

¹⁾ Exporte.

Substitution

In einigen Anwendungsfällen kann Glimmer durch synthetische Fluorphlogopite mit Erfolg ersetzt werden.

Gold

Gold ist ein gelbes, lebhaft glänzendes, sehr dehnbares und chemisch beständiges Edelmetall, dessen Schmelzpunkt bei 1063°C liegt.

Große Goldmengen werden in Form von Goldmünzen oder Goldbarren von verschiedenen Staaten (z. B. USA) gehortet. Etwa 55% der jährlich geförderten Goldmenge dienen monetären Zwecken, zur Herstellung von Thermoelementen, elektrischen Kontakten, in der Medizin, als Blattgold für keramische Zwecke usw. Dünne Goldauflagen auf Metallen verhüten die Korrosion und Gasdiffusion.

Reines Gold weist eine nur geringe Härte auf, es wird daher zur Herstellung von Gebrauchs- und Schmuckgegenständen mit Silber bzw. Kupfer legiert. Als Schmucklegierungen werden Rotgold (etwa 58% Gold, 38% Kupfer, 4% Silber; 75% Gold, 25% Kupfer) und Weißgold (Gold-Palladium-Legierungen mit Nickelzusätzen) verwendet. Münzlegierungen sind Gold-Kupfer-Legierungen (etwa 90% Gold, 10% Kupfer). Als Werkstoff für Spinndüsen werden Gold-Platin-Legierungen (50 bis 70% Gold), in der Elektroindustrie Gold-Silber-Legierungen (60% Gold), zum Löten nichtrostender Stähle Legierungen von Gold-Nickel-Zink (etwa 80% Gold, 15% Nickel, 5% Zink) verwendet. Zum Zwecke von Feuervergoldungen werden Goldamalgame aus zirka 10% Gold und 90% Quecksilber hergestellt.

Goldverbindungen (Kaliumdicyanoaurat, Tetrachlorgold(II)-säure) kommen in der Galvanotechnik zum Einsatz.

Minerale

Gediegen Gold

100 bis 55% Au
(natürlich legiert mit Ag, usw.).

Sylvanit

AuAgTe_4

Petzit

Ag_3AuTe_2

Calaverit

AuTe_2

Lagerstättenkundliche Stellung

Gold tritt sowohl als wirtschaftlich nutzbarer, akzessorischer Gemengteil in Gängen, Klüften oder in Imprägnationen im Nebengestein (Berggold), als auch als Abtragungsprodukt goldführender Gesteine in Form von Seifen (Flußgold) auf. Berggold ist vorwiegend in pyrit-arsenkiesführenden Quarzgängen (Tauerngoldgänge), örtlich auch an Erzlager gebunden (Typ Schellgaden) zu finden. Im Kontaktbereich von Magmatiten können Golderze an Skarne gebunden sein. In jungen, tertiären Andesiten treten in Bereichen starker hydrothermaler Veränderungen des Ausgangsgesteins Goldvererzungen auf (Siebenbürgen). Viele heißthermale polymetallische Ganglagerstätten können Gold führen. Bekannt ist, daß Au auch in Nickel-Magnetkies-Lagerstätten und polymetallischen Kieslagern angereichert sein kann. Die Lagerstätten vom Typ der Disseminated-Copper-Ores können mitunter auch Au beinhalten. Um alle derartigen Lagerstätten können unter günstigen Bedingungen auch Seifenlagerstätten existieren. Präkambrische, verfestigte („fossile“), metamorph überprägte, zum Teil konglomeratische Seifenlagerstätten werden auch als „Reefs“ bezeichnet (Witwatersrandkonglomerat). Darüber hinaus sind auch Gold-Anreicherungen in zahlreichen schichtgebundenen, metamorph überprägten Lagerstätten bekannt.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Eine große Zahl kleinerer gang- und seifenförmiger Lagerstätten Kanadas liegt im „Goldgürtel“ des präkambrischen Kanadischen Schildes. Daneben wird Gold auch aus Komplexerzlagerstätten gewonnen. Die durchaus beachtliche Golderzförderung stammt aus den Bergbauen Timmins, Balmer-town, Madsen, Renabie, Pamour Virginiatown, Kirkland Lake, Porcupine Revier (Hollinger McIntyre-Field) (Ontario); Chibougamau, Val d'Or, Malartic, Cadillac, Noranda (Quebec); Bridge River (Seifen!), Ericson Creek, Contryoto Lake (British Columbia), Yukon, Saskatchewan (Mallard) und den Northwest Territories (Yellowknife). Während rund 74% der Goldproduktion Kanadas aus Goldquarzgängen (22 Bergbaue) stammen, röhren 25,5% als Beiproduct komplexer Sulfiderzlagerstätten her. Lediglich 0,5% der Produktion stammen aus Seifenlagerstätten.

Goldvorkommen liegen auch in den Kettengebirgen der Vereinigten Staaten von Amerika: Die einst berühmten Lagerstätten des kalifornischen Mother-Lode-Districts (Gold-Quarzgänge in Graniten) haben ihre Bedeutung verloren. Beachtliche Mengen an Golderzen werden in der Oriental-Mine/Sierra County

abgebaut. Fossile marine Seifen werden in Cortez und Carlin/Nevada gewonnen. Subvulkanische Au-Te-Gänge werden um Golden und Crepple-Creek/Colorado abgebaut. In der Homestake-Mine bei Lead/South Dakota werden metamorph überprägte stratiforme Lagerstätten genutzt (zur Zeit führender Golderzproduzent der USA). Eine Reihe von Disseminated-Copper-Ores (Utah, Arizona) führen Spuren von Golderzen, welche bei der Verhüttung der Kupfererze auch extrahiert werden können. Bedeutende, vorwiegend als Seifenlagerstätten ausgebildete „klassische“ Goldvorkommen liegen in Alaska (Fairbanks-Yukon, Kuskokwim, Nome, Klondike, Seward, Juneau). Seifenlagerstätten sind auch in Utah und Kalifornien bekannt.

Im Jahre 1979 lieferten in den USA 175 Bergbaue Gold, von denen rund ein Drittel Gold als Hauptprodukt abbauten.

Mittel- und Südamerika: Erwähnenswert sind die brasilianischen Seifenlagerstätten in Minas Gerais (Ouro Preto, Sao Paolo), Carajas (Andorinhas) und Bahia. Eine schichtgebundene Lagerstätte liegt in Morro Velho (Bergbau bis in 2500 m Teufe!) bei Nova Lima. Viele chilenische Goldvererzungen sind an porphyrische Kupfererzlagerstätten gebunden. Als besonders hoffnungsvoll hat sich der Bereich von El Indio in den Anden erwiesen. Mit Platin wird Gold in großen Seifenlagerstätten Boliviens (Tipuani, Kaka River) und Kolumbiens (Antioquia Dep.) abgebaut. Aus tertiären Ganggesteinen des El-Oro-Bezirkes fallen große Mengen an Gold (mit Zinn!) an. Die Goldvorkommen am Segovia Fluß und im Pis-Pis-District in Nicaragua sind seifenförmig. In Peru werden in jungen Eruptivgesteinen liegende Goldquarzgänge sowie Seifenlagerstätten abgebaut (Cuzco usw.). In Argentinien wird Gold in Seifenlagerstätten (Jujuy) sowie aus Erzgängen (Farralon Negro/Catamarca) gewonnen. Auf Kuba sind verschiedenenorts Goldvererzungen bekannt (Nuevo Potosi/Oriente u. a.). In El Salvador werden in den ehemaligen Golderzlagerstätten von El Dorado, Zancudo und Minita Explorationsarbeiten durchgeführt. Ebenso werden zur Zeit mehrere Golderzvorkommen und Bergbaue in Costa Rica untersucht und auch reaktiviert (El Libano). Eine durchaus beachtliche Produktion an Golderzen weist die Dominikanische Republik auf.

Afrika: Die größte, derzeit bekannte Goldlagerstättenprovinz liegt in der Republik Südafrika. Hier wird in zahlreichen Bergbauen das präkambrische Witwatersrandkonglomerat (fossile Seife) auf Gold bebaut (Vaal Reefs, West Driefontein, East Driefontein, Western Deep, Free State Geduld u. a.). Über 4000 (!) kleinere Lagerstätten liegen in Zimbabwe-Rhodesien (goldführende Quarzgänge in kristallinen Serien [Selukwe, Umtali, Hartley, Mazoe, Gladstone]).

Die Aufsuchung der Au-Lagerstätten erfolgt u. a. durch Bemusterung der vielen Termitenhügel. Die Termiten bauen bis zu 90 m tiefe Gänge und wühlen dabei auch Erzteilchen an die Oberfläche.

In Zaire wird Gold in mehreren Seifenlagerstätten und präkambrischen Ganglagerstätten abgebaut (Kilo, Moto). Mehrere Golderzlagerstätten in Tansania (Buch-Reef-Mine/Lake Victoria, Sira Valley, Chunya District) werden wieder bebaut. In Angola werden derzeit Golderzkörper im Bezirk Jamba erschlossen. Geringe Mengen werden auch in der Volksrepublik Kongo gewonnen. In Nigeria sind neben dispers verteilten Goldvererzungen in Amphiboliten sowie Quarzgängen auch Vererzungen in Reefs (Isperindo) bekannt. Seifenlagerstätten liegen um Ilesha, Minna sowie Birnin Gwari. Die Golderzlagerstätten Ghanas sind gangförmig bzw. linsig ausgebildet (Prestea, Kongo, Obuasi, Bibiani). Lokal liegen die Erze auch in Konglomaten und Seifen (Tarkwa). Etliche stillgelegte Bergbaue (Nangodi, Obenemase) sollen wieder in Betrieb genommen werden. Ebenso soll die 1966 geschlossene Golderzlagerstätte von Poura/Obervolta reaktiviert werden, nachdem Untersuchungen zur Hoffnung Anlaß gegeben haben. In Sierra Leone liegen bekannte goldführende Arsenkiesgänge bei Baomakun im Kangari Belt, goldführende Quarzgänge im Kamahum-District (Nimini Belt).

Australien: Die Bedeutung des australischen Goldbergbaues ist wieder stark steigend. Gold tritt in subvulkanischen Gängen und Imprägnationskörpern im Bereich der klassischen, im Präkambrium liegenden Reviere von Kalgoorlie und Coolgardie (Western-Australia) auf, wenngleich auch die Förderung zur Zeit noch gering ist (Mount Charlotte, Norseman, Telfer). Golderzvorkommen in der Great Sandy Desert sind im Stadium der Untersuchung. In den hochthermalen Kupfererzgängen von Tennant Creek fallen ebenfalls beträchtliche Mengen an Gold an (Nobles Nob, Juno, Peko, Ivanhoe, Orlando, Warrego Mine, Gecko/Northern Territory). Bei der Verarbeitung von Buntmetallerzen wird ebenfalls Gold gewonnen (Mount Morgan/Queensland, Broken Hill/New South Wales, Read Rosebery, Mount Lyell, Beaconsfield/Tasmania). Derzeit werden aus der Gold-Silber-Antimon-Grube von Blue Spec bei Nullagine u. a. täglich 3 kg Gold gewonnen. Dieser Kleinbergbau, welcher knappest kalkuliert, ist auf nur 28 Betriebsmonate ausgerichtet! Zahlreiche kleine Goldseifen werden auf Papua-Neuguinea beschürft. Beachtliche Mengen von Gold fallen als Beiproduct bei der Kupferverhüttung der Erze von Bougainville (Papua-Neu Guinea) an. Der Bereich um Porgera wird zur Zeit auf seine Goldführung untersucht.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die bedeutendsten Golderzvorkommen der Sowjetunion liegen in Mittel- und Ostsibirien. Sie sind zum Großteil als Seifenlagerstätten ausgebildet (Magadan Oblast, Jakutien, Lenarevier, Transbaikalien [Tschita]). In Kasachstan ist Gold in porphyrischen Kupfererzlagerstätten zu finden. In den Sulfiderzkörpern des Urals tritt Gold in nennenswerter Menge auf.

Aus den porphyrischen Kupfererzlagerstätten von Zambales (Philippinen) stammt mehr als die Hälfte der dortigen Goldproduktion, während die primären

Goldvererzungen an junge Andesite gebunden sind. Indonesien verfügt über mehrere kleine Golderzbergbaue auf West-Java (Cikotoc), Kalimanto und Sumatra. An junge Eruptivgesteine gebunden sind die japanischen Vorkommen um Kushikino. Örtlich wird Gold auch aus kontaktmetamorphen Kupfererzlagerstätten gewonnen.

In der Volksrepublik China sind Seifenlagerstätten in Heilungkiang, Jilin und Setchuan bekannt. Gangförmige Vererzungen liegen in Chekiang. Größere Vorkommen an Gold werden aus einer gangförmigen Komplexerzlagerstätte im Nordwesten der Halbinsel Jiaodong (Zhaoye) abgebaut. Diverse kleinere Vorkommen sind über das ganze Land verstreut (Hunan, Kwangsi, Shantung). Zahlreiche Golderzgänge werden in Hunan (Xiaoqinling, Lingbao) beschürft. In Indien werden tiefgreifende Goldquarzgänge bei Kolar, Gadek und Huttī (Karnataka) abgebaut. Weitere Golderzreserven wurden im Anantpur-District in Andhra Pradesh und im Raigarh-Daigarh-District in Madhya Pradesh nachgewiesen. Darüber hinaus beinhalten die Cu-Zn-Erzlagerstätten von Dikehu in Sikkim nennenswerte Gehalte an Gold.

Europa: Bei der Verhüttung der Kupfererze der jugoslawischen Bergbaue von Bor und Majdanpek wird Gold extrahiert. Die rumänischen Golderzgänge (Rosiā, Montana Sacrimb) des Siebenbürgener Erzgebirges sind dagegen an hydrothermal stark veränderte tertiäre Andesitkörper gebunden. In Griechenland wird eine geringe Menge Seifengoldes aus dem Gallikos-Fluß gewonnen.

In Frankreich werden goldführende Komplexerze bei Salsigne (Montagne Noire) abgebaut.

In Spanien sind bei Cerro Colorado etwa 1,9 Mio t an Vorräten (4 t Gold, 26 t Silber) bekannt.

Aus schwedischen Blei-Zink-Erzgängen fallen ebenfalls nicht unbedeutende Mengen an Gold an. Daneben existieren auch linsige Erzkörper in der präkambrischen Leptitformation von Versterbitten.

Österreich: In den Ostalpen sind zahlreiche kleine Golderzvorkommen verschiedenster Genese bekannt, von denen die bekanntesten wohl die klassischen Gold-Quarz-Gänge der Tauern sind (Sonnblick-Ankogelgebiet, Zillertal). Daneben existieren am Ostrand des Ankogelmassives metamorphe, stratiforme, polymetallische Erzkörper mit merklicher Goldführung (Typ Schellgaden). Heißthermale, vorwiegend arsenkiesführende Lagerstätten führen ebenfalls örtlich reichlich Gold (Typ Rotgülden, z. T. Kreuzeckgruppe).

Viele Flüsse (Mur, Donau, Drau, Salzach) führen in ihren Sedimenten Gold. Diese Goldseifenvorkommen sind vollkommen bedeutungslos.

Hoffnungsgebiete

Primäre Goldlagerstätten sind in den Alten Schilden der Erde (Südafrika, Sibirien, Brasilien) sowie den mobilen Orogenzonen, welche von subvulkanischen Magmatiten begleitet werden, zu erwarten. In der

Umgebung derartiger Lagerstätten sind Seifenanreicherungen denkbar. In stärkerem Umfang könnte Au als wirtschaftliches Beiprodukt bei der Verhüttung von Komplexerzen gewonnen werden.

Gold-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in Mio troy ounces	
	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	0,91	45
Kanada	1,70	20
Republik Südafrika	23,40	225
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	6,10	80
Andere Länder mit zentrali- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	8,80	160
Welt – Gesamt (gerundet)	40,9	530

Substitution

In der Elektroindustrie werden Legierungen aus Gold, Nickel, Silber, Kupfer, Platin, Cadmium und Indium an Stelle von reinem Gold verwendet. Nur Palladium, Platin und Silber können Gold ersetzen.

Grafit

Grafit im üblichen Sinne ist die hexagonal kristallisierende, graue bis schwarzgraue, undurchsichtige, metallisch glänzende Modifikation des Kohlenstoffs. Daneben existiert auch rhombisch kristallisierender Grafit.

Für die technische Verwendung von Grafit sind seine hohe Temperaturbeständigkeit, sein gutes Leitvermögen für Elektrizität und Wärme, die leichte Verform- und Spaltbarkeit seiner Kristalle, die eine Aufteilung in dünne und biegsame Lamellen ermöglicht, von Bedeutung.

Verarbeitet werden sowohl „Naturgrafite“ als auch Kunstgrafite, Elektrografite; erstere werden jedoch wegen ihrer weicheren Konsistenz bevorzugt.

Grafit dient zur Herstellung von feuerfesten Produkten, wie z. B. Schmelzgiegeln und hitzebeständigen Pigmenten. In der Gießerei benutzt man Grafit für Formen und Schlitten. Grafit wird für die Herstellung von Bleistiften benötigt. Die Körner des rauchlosen Schießpulvers werden grafitiert, um Reibungszündungen auszuschließen. In der Galvanoplastik wird der Wachsabdruck mit Flinzgrafit eingestäubt, um ihm elektrisches Leitvermögen zu geben. Aus dem gleichen Grund wird den Depolarisationsmassen von Trockenelementen Grafit beigegeben. Große Mengen Grafit werden für die Herstellung von Kohleanoden für die Aluminiumelektrolyse und Grafitelektroden für Lichtbogenöfen verbraucht. Kohlenbürsten von Motoren und Generatoren enthalten Grafit. In Reaktoren dienen Grafitstäbe als Moderatoren.

Grafit zur Herstellung von feuerfesten Produkten soll über 85% Kohlenstoff enthalten. Für galvanische Zwecke wird eine höhere Reinheit, bis zu 95%, verlangt. Moderatoren für Reaktoren werden nur mehr zum Teil aus Kunstgrafiten hergestellt. In den Handel gelangt stückiger sowie gemahlener Grafit mit Kohlenstoffgehalten von 70 bis 99%.

Minerale

Grafit

C (hexagonale Modifikation des Kohlenstoffs)

Grafit

C (rhombische Modifikation des Kohlenstoffs)

Lagerstättenkundliche Stellung

Grafit tritt fast immer als Mineral hochmetamorpher Entstehung auf. Man unterscheidet megakristalline („Flinz-“) Grafite und mikrokristalline („dichte“) Grafite. Während erstere vorwiegend aus regionalmetamorphosierten Sapropelen (organogene, kohlenstoffhaltige, bituminöse, schwefelreiche, schwarzgraue Faulschlämme) entstanden sind, sind die dichten erdigen (mikrokristallinen) Grafite vorwiegend aus regional- bzw. kontaktmetamorphosierten Kohlenflözen entstanden. Diesen beiden, naturgemäß schichtigen Grafittypen stehen gang- bis kluftförmige, hochwertige Grafite anorganogener Entstehung gegenüber, deren Verbreitung allerdings gering ist. Untergeordnet treten auch Grafite pneumatolytischer Genese auf.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Geringe Mengen an Grafit werden in Notre Dame du Lassa in Quebec/Kanada abgebaut. Die Grafitgewinnung in den Vereinigten Staaten von Amerika (größte Verbraucher!) ist weltwirtschaftlich völlig bedeutungslos. Derzeit existiert eine einzige Grube in Burnet County/Texas. Vorkommen in Alabama werden zur Zeit untersucht. Die Grafite Alaskas, Idahos, Montanas, New Yorks und Pennsylvanias sind zur Zeit unwirtschaftlich.

Mittel- und Südamerika: Im mexikanischen Staat Sonora liegen in St. Maria bei Hermosillo am Kontakt von Graniten zu triassischen Kohlenflözen mehrere, bis 3 m mächtige Grafitlager. In Brasilien sind zahlreiche Grafitvorkommen in Minas Gerais (Itapeceira u. a.) bekannt.

Afrika: Auf Madagaskar sind zahlreiche Grafitlagerstätten bekannt, welche vorwiegend im Tagbau beschürft werden (bei Tamatave, Ambalarondro, Antsirakambo, Amatomitaba, Sahatsanda u. v. a.). Sie liegen flözartig in hochmetamorphen Gneisen, Leptiten und Quarziten. In der Republik Südafrika (Messina/Transvaal), Sambia, Zimbabwe-Rhodesien und Kenia werden örtlich Grafitvorkommen abgebaut.

Australien: Australien weist keinerlei bedeutende Grafitgewinnung auf, kleine Lager in Auckland sind

derzeit unbauwürdig. Geringe Mengen wurden in Collinsville/Queensland abgebaut.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Der derzeit größte Produzent an Grafit ist die Sowjetunion, wo große Lagerstätten im Präkambrium der Ukraine (Sawaljewskoje, rund 45 000 jato), bei Irkutsk, Sljudjanka, Jennissej existieren. (Die Sowjetunion und Madagaskar verfügen über zwei Drittel der bekannten Weltreserven!).

Schwerpunkte der asiatischen Grafitgewinnung liegen darüber hinaus in Nordkorea (Tomban, Obok, rund 65 000 jato). In Südkorea werden dichte Grafite in Song Kyong, kristalline Grafite in Shi Heung gewonnen. Bedeutend ist der Grafitbergbau auf Sri Lanka, wo gang- bzw. kluftförmig auftretender, pneumatolytisch entstandener, fast reiner Grafit in zahlreichen primitiven Bergbauen abgebaut wird (Ragedera, Maduragoda-Ruwanella, Hambantota-Matara und Katahaga).

In China liegen zahlreiche Grafitvorkommen in der Mandschurei sowie Tsigtai/Yünnan.

Europa: Bedeutende Flinz-Grafitvorkommen sind in der Bundesrepublik Deutschland in den hochmetamorphen Gneisserien der Böhmisches Masse bei Passau bekannt, wo große, langgezogene Lagerlinsen beschürt werden (Kropfmühl).

In hochmetamorphen Gesteinen Norwegens wird bei Tromsö (Bergfjord auf Insel Senja) Grafit abgebaut, welcher weitgehend nach Großbritannien exportiert wird. In Rumänien wurde kürzlich mit dem Abbau von Grafit begonnen (Baja Di Fier bei Sibiu). Daneben sind zahlreiche kleine Vorkommen in den Varisziden (Tschechoslowakei: Vyss, Brod und Česky Krumlov, Malé Vrbnov, Velke'Vrono in Mähren) und Kaledoniden Europas bekannt.

In Italien wird Grafit in den Ligurischen und den Cottischen Alpen (Pinerolo) abgebaut.

Österreich: Die bedeutenden Vorkommen an hochwertigen Flinz-Grafiten im Moldanubikum der Böhmisches Masse sind in Gneisen und Marmoren als Lagerlinsen ausgebildet (Mühldorf bei Spitz usw.). Sie sind aus euxinischen Sedimenten entstanden.

Die weltwirtschaftlich beachtliche heimische Produktion stammt aus metamorphosierten Kohlenflözen des Karbons der Steirischen Grauwackenzone (Kaisersberg, Sunk bei Trieben, Strechau/Selztal).

Österreich gehört zu den Hauptproduzenten von Naturgrafit.

Hoffnungsgebiete

Als Hoffnungsgebiete sind vor allem jene Gebiete der Erde anzusehen, in welchen hochmetamorphe Gesteinsabfolgen mit kohlig-bituminösen Einlagerungen auftreten (Brasilien, Sowjetunion, Ostasien, europäische Varisziden, Österreich [Böh. Masse, Grauwackenzone]).

Grafit-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in 1 000 short tons Reserven- basis
USA	vertraulich	unbedeutend
Österreich	45	gering
BRD	15	unbedeutend
Korea	70	unbedeutend
Madagaskar	18	groß
Mexiko	60	groß
Sri Lanka	12	gering
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	90	gering
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Markt- wirtschaft	260	gering
Welt – Gesamt (gerundet)	570 ¹⁾	bescheiden

¹⁾) Außer USA.

Substitution

Für viele Verwendungszwecke sind die Ersatzmateriale teurer als Grafit. In der Eisenindustrie gelangen verschiedentlich künstliche Grafite zur Anwendung. Als Schmiermittel kann in einigen Fällen Molybdändisulfid und Kohlenstoffmonofluorid Grafit ersetzen.

Granat

Als Granat wird eine Gruppe von weitverbreiteten, kubisch kristallisierenden, silikatischen Mineralen bezeichnet. Ihre Härte ist je nach Zusammensetzung etwas niedriger oder höher als die von Quarz.

Gut gefärbte bzw. durchsichtige Granate werden als Schmucksteine verwendet.

Der gemeine Granat, vorwiegend der Almandin, dient zu Schleifzwecken. Wegen seiner geringeren Härte wird er in einigen Verwendungsbereichen dem Korund vorgezogen. Als Schleifpapier und Schleifleinen wird Granat in der Holz- und Lederindustrie, in Form von Schleif- und Polierpulvern in der Glas- und Metallindustrie verwendet.

In den Handel gelangt zerkleinerter Granat in einer Feinheit von 20 bis 200 mesh bzw. 200 bis 800 mesh, wobei Quarzfreiheit, höchstmögliche Härte und frisches, unverwittertes Material gefordert wird.

Minerale

Pyrop	$Mg_3 Al_2[SiO_4]_3$
Andradit	$Ca_3Fe^{3+}[SiO_4]_3$
Almandin	$Fe_3Al_2[SiO_4]_3$
Spessartin	$Mn_3Al_2[SiO_4]_3$
Grossular	$Ca_3Al_2[SiO_4]_3$

Lagerstättenkundliche Stellung

Granat ist ein Mineral, welches typischerweise bei hoher Druck- und Temperaturbeanspruchung von Para- und Orthogesteinen (z. B. Regionalmetamor-

phose) entsteht. Regionalmetamorphe Gebiete sind über die ganze Erde verstreut, so daß auch zahlreiche Granatvorkommen bekannt sind. Wirtschaftlich auszubeutende Granatanreicherungen sind jedoch selten.

Gelegentlich tritt Granat in kontaktmetamorphen Gesteinen auf. Örtlich werden auch granatführende Pegmatitkörper bebaut. Im Zuge der Verwitterung kann Granat in Seifen angereichert und wirtschaftlich abgebaut werden.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In den Vereinigten Staaten von Amerika werden bedeutende Mengen an hochwertigem Granat in New York (Warren-, Essex-, Hamilton-County), Idaho (Benewah County) und Maine abgebaut. Weitere Granatvorkommen liegen in North Carolina, Georgia, Montana, New Hampshire, Pennsylvania und Virginia. Die Reserven sind hoch. Die USA gelten als führende Länder der Weltgranatproduktion.

Mittel- und Südamerika: Zahlreiche, weltwirtschaftlich jedoch eher unbedeutende Granatvorkommen sind in Argentinien bekannt.

Afrika: In der Republik Südafrika, in Zimbabwe-Rhodesien, Kenia und Tanzania liegen noch mächtige, derzeit weitgehend ungenützte Reserven an Granat. Auf Madagaskar werden Pegmatitkörper auf Granat bebaut.

Australien: Die australischen Granatvorkommen sind noch weitgehend ungenutzt, der Abbau ist derzeit minimal, jedoch im Steigen begriffen.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die Granatvorkommen Indiens sind weltwirtschaftlich von relativ großer Bedeutung. Auch auf Sri Lanka werden Granatvorkommen beschürt (Pegmatite). Bedeutende Reserven an Granat sind in der Sowjetunion vorhanden.

Europa: Obwohl in Europa zahllose Granatvorkommen in den metamorphen Bereichen der Kaledoniden, Varisziden sowie des alpinen Orogens und der „Alten Schilde“ bekannt sind, wird kein nennenswerter Abbau auf Granat betrieben. Eine eher bescheidene Produktion an Granat stammt aus Belgien („Belgische Brocken“). Gelegentlich wird Granat zur Schmucksteinherstellung gewonnen („Böhmisches Granat“).

Österreich: Granat ist von zahllosen Fundpunkten in Österreich bekannt (Zillertal, Ötztal, Wölzer Tauern usw.), von wirtschaftlichem Interesse scheinen jedoch nur Vorkommen zu sein, welche gemeinsam mit anderen Rohstoffen gewonnen werden können. Erwähnenswert ist das Granatvorkommen der Millstätter Alpe, wo das Nebengestein des Magnesitkörpers, ein granat-disthenführender Glimmerschiefer, gemeinsam mit dem Magnesit genutzt werden könnte, sofern eine wirtschaftliche Anreicherung des Granates möglich ist.

Hoffnungsgebiete

Die weitverbreiteten kristallinen Bereiche der Erde können als potentielle Hoffnungsgebiete angesehen werden.

Granat-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in short tons Reserven- basis
USA	22 500	In den verschiede- nen Ländern beste- hen große Granatla- gerstätten. Daten
Australien	1 500	
Indien	3 500	
Sri Lanka	20	
UdSSR	500	sind nicht erhebbar
Welt – gesamt (gerundet)	28 020	

Substitution

Zur Schleifmittelherstellung kann Granat durch viele natürliche und künstliche Schleifmittel, wie etwa Diamant, Borazon, Aluminiumoxid und Siliziumkarbid, ersetzt werden.

Hafnium: siehe Zirkonium

Halogene (Fluor, Chlor, Brom, Jod, Astat)

Chlor: siehe Evaporite

Fluor: siehe eigenes Kapitel

Als Halogene werden die Elemente Fluor, Chlor, Brom, Jod und Astat bezeichnet. Halogene reagieren mit fast allen Elementen, die Reaktionsfähigkeit nimmt jedoch vom Fluor zum Astat hin ab. Besonders charakteristisch ist ihre Affinität zu Wasserstoff.

Für die chemische Industrie haben die Halogenide, Verbindungen von Halogenen mit stark elektropositiven Elementen (salzartige Halogenide, z. B. NaCl, KF, CaBr₂, SrJ₂, Säurehalogenide CCl₄, SiF₄, S₂Cl₂, SOCl₂, PCl₅ usw.), die Halogenkohlenwasserstoffe (Methylchlorid, Methylenchlorid, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff, Trichloräthylen, Brombenzol usw.) sowie die Halogenkohlenstoffe (Fluorkohlenstoff usw.) größte Bedeutung.

Halogene sind für die organische Synthese bei der Herstellung von Kunststoffen, Schädlingsbekämpfungsmitteln, Farbstoffen, Pharmazeutika usw., infolge ihrer Oxidationsfähigkeit als Bleich- und Desinfektionsmittel von großer Wichtigkeit.

Minerale

<i>Fluorit</i>	CaF_2
<i>Kryolith</i>	Na_3AlF_6
<i>Fluorapatit</i>	$\text{Ca}_5[\text{F}/(\text{PO}_4)_3]$
<i>Steinsalz</i>	NaCl
<i>Sylvin</i>	KCl
<i>Carnallit</i>	$\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
<i>Bischofit</i>	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
<i>Bromcarnallit</i>	$\text{KMgBr}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
<i>Lautarit</i>	$\text{Ca}[\text{IO}_3]_2$
<i>Dietzeit</i>	$\text{Ca}[\text{IO}_3]_2 \cdot \text{CaCrO}_4$

(Vgl. auch Kapitel Evaporite und Fluor.)

Brom ist das einzige bei Zimmertemperatur flüssige nichtmetallische Element, das sich durch hohe Reaktionsfähigkeit auszeichnet.

Brom ist eine dunkelrotbraune, schwere Flüssigkeit, die an der Luft rotbraune, stechend riechende, giftige Dämpfe abgibt.

Elementares Brom wird zur Erzeugung von Arzneimitteln und Fotomaterial sowie zur Desinfektion von Wasser verwendet. Die Verbindungen Natrium- und Kaliumbromid dienen zur Herstellung von fotografischen Emulsionen und Pharmazeutika, des weiteren als Reagenzien. Besondere Bedeutung hat die Verbindung Äthylenbromid als Additiv zu Automobiltriebstoffen, um Bleiablagerungen durch Antiklopftmittel zu verhindern. Organische Bromverbindungen kommen als Pflanzenschutzmittel zum Einsatz. In steigendem Maße bedient sich die chemische Industrie des Broms bei der Herstellung feuersicherer Polyesterharze, Dibromstearinsäure und ihre Methylester als Pflanzenschutzmittel, Brandschutzmittel und organische Lösungsmittel. Dibromtetrachloräthan wird als Unkrautvertilgungsmittel und zur Frischhaltung von Citrusfrüchten, weiters zur Farbstoffherstellung verwendet.

Brom kommt in zwei Qualitäten, und zwar „technisch rein“ bzw. „wasserfrei“, in emaillierten Behältern in den Handel.

Lagerstättenkundliche Stellung

Brom ist fast ausschließlich an Kalisalze gebunden. Viele kontinentale Salzseen sind durch erhöhte Bromgehalte gekennzeichnet. Formationswässer von Erdöllagerstätten sowie Solequellen können Brom beinhalten. Brom fällt auch als Nebenprodukt der Meeressalzgewinnung und der Magnesiumgewinnung aus Meerwasser an.

Regionale Verbreitung und Hoffnungsgebiete

In Meerwasser steht Brom in nahezu unbegrenzter Menge zur Verfügung. Die noch weitgehend ungenützten Formationswässer von Erdöllagerstätten sind als häufig einzustufen. Eine Nutzung erfolgt derzeit aus den hochmineralisierten Solequellen (El Dorado/Ar-

kansas, St. Louis, Maniotee/Michigan) sowie Salzseen (Searles Lake/Utah) der USA, Israels (Totes Meer) und Tunesiens (Gabes).

Brom-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 lb	Reservenbasis
	Bergbau- produktion	
USA	500 000	unbekannt
Frankreich	35 000	
BRD	9 000	
Israel	80 000	
Italien	1 300	
Japan	25 000	
Großbritannien	55 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1 600	
UdSSR	33 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	740 000	

Substitution

Chlor kann an Stelle von Brom in einigen chemischen Anwendungskreisen und zur Desinfektion verwendet werden.

Jod bildet schwarzgraue, grafitartige, plättchenförmige Kristalle, die bei Zimmertemperatur allmählich vergasen. Jod ist chemisch sehr aktiv.

Für medizinische Zwecke werden 70%, als Spurelementzusatz bei Tierfutter zirka 20% und für die Herstellung von Jodchemikalien zirka 10% der Weltproduktion verwendet.

Jod kommt mit einer Reinheit von mindestens 99,5% in den Handel.

Lagerstättenkundliche Stellung

Viele hochmineralisierte Solequellen, „Hot brines“ und Formationswässer von Erdöllagerstätten führen gewinnbare Mengen an Jod. Der Kali- und Natronalsalpeter Chiles gilt als jodführend und stellt eine nicht unbedeutende Jod-Rohstoffquelle dar. Demgegenüber ist die Jodgewinnung aus Meerestang heute nahezu bedeutungslos. Manche Kalisalzlagerstätten sind wegen ihrer Jodführung bekannt.

Regionale Verbreitung und Hoffnungsgebiete

Aus Solequellen und Formationswässern werden vor allem in den Vereinigten Staaten von Amerika beachtliche Mengen an Jod gewonnen (Kalifornien, Michigan, Oklahoma). Die Reserven sind kaum abschätzbar. Die größte Produktion an Jod sowie die größten Reserven stammen allerdings aus den japanischen Erdgaslagerstätten. Als Beiproduct wird Jod aus Kali- und Natronalsalpeterlagerstätten Chiles gewonnen. Eine Gewinnung von Jod erfolgt darüber hinaus aus Kalisalzen, deren regionale Verbreitung unter dem Kapitel Evaporite beschrieben worden ist.

Jod-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in 1 000 lb Reservenbasis Menge	Gehalt
USA	vertraulich	nichterhebbar	0,005–0,02
Chile	4 800	800 000	0,04
Japan	13 800	3 Mio–4 Mio	0,01
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenk- ter Marktwirt- schaft	6 000	nichterhebbar	nichterhebbar
Welt – Gesamt (gerundet)	24 600 ¹⁾	nicht erhebbar	nicht erhebbar

¹⁾ Außer Produktion der USA.

Substitution

An Stelle von Jod können Hg- und Cr-Salze sowie Brom und Chlor für antiseptische Zwecke verwendet werden. Bei der Erzeugung von künstlichem Regen können Salzkristalle und feinvermahlener Kohlenstoff an die Stelle von Jodverbindungen treten.

Holmium: siehe Seltene Erden

Illit: siehe Tone

Iridium: siehe Platin

Jod: siehe Halogene

Kali- und Magnesiumsalze: siehe Evaporite

Kalium

Kalium ist ein silber glänzendes, weißes, außerordentlich reaktionsfähiges Metall, dessen Schmelzpunkt bei 63,6° C liegt.

In der Technik spielt metallisches Kalium nur eine untergeordnete Rolle. Es findet in der organischen Synthese, in neuerer Zeit auch als Kühlmittel für Reaktoren Verwendung. Von großer Bedeutung für die Industrie sind die Salze des Kaliums.

Minerale, Lagerstättenkundliche Stellung, regionale Verbreitung, Hoffnungsgebiete und Substitution: siehe Evaporite

Kalk, Kalkstein, Dolomit

Als Kalksteine werden natürliche Gesteine bezeichnet, die zum überwiegenden Teil aus Kalziumkarbonat bestehen.

Für die Nutzung der Kalksteine sind entweder ihre Gesteinseigenschaften (Festigkeit, Dichte, Gefüge, Farbe usw.) oder ihre chemische Zusammensetzung (CaCO_3 -Gehalt) maßgebend. Kalksteine (Marmore) werden teils als geschnittene oder behauene Werksteine, teils in gebrochener Form im Bauwesen, im Straßenbau, Gleisbau, als Zusatzstoff zu Mörtel usw. verwendet. Kalkmehl findet als Füller für Asphalt, Kunststoff, Gummi, Farben, Kitte usw. Verwendung. Die Hüttenindustrie bedient sich des Kalkes als Sinterhilfe, Schlackenbildner und Entschwefelungsmittel.

Reines, hochreines bzw. reinstes Kalziumkarbonat sowie Rein- und Reinstdolomite werden in der chemischen Industrie für die Herstellung von Soda, Glycerin, Waschmittel, Kalziumkarbid sowie zur Neutralisation von sauren Abwässern benutzt. Hochreine Kalke werden in zunehmendem Umfang in Entschwefelungsanlagen eingesetzt. In der pharmazeutischen Industrie wird hochreiner sowie reinster Kalk als Füllstoff für Zahnpasten, Salben und Medikamente und in Trinkwasseraufbereitungen benötigt. Beachtliche Mengen an reinstem Karbonat werden auch in der Glas-, Keramik-, Farben- und Zuckerindustrie verwendet.

Die qualitativen Ansprüche von Karbonaten sind unten angeführt: ¹⁾

Kalkreihe	CaCO_3 -Gehalt
Reinster Kalk	> 99%
Hochreiner Kalk	99–98%
Reiner Kalk	98–95%
Mergeliger Kalkstein	95–85%
Mergelkalk	85–75%
Kalkmergel	75–65%
Mergel	65–35%
Tonmergel	35–25%
Mergelton	25–15%
mergeliger Ton	15– 5%
hochprozentiger Ton	< 5%

Dolomit-Reihe	CaO/MgO -Verhältnis
Reinstdolomit	1,39–1,45
Reindolomit	1,45–1,70
Kalkiger Dolomit	1,70–2,56
Dolomitischer Kalk	2,56–3,52
Kalk	>3,52

Große Mengen an Kalk, bevorzugt tonhaltige („mergelige“) Kalke, werden zur Zementherstellung benötigt. Branntkalk ist ein aus Kalkstein gebranntes Produkt, das zum größten Teil aus Kalziumoxid besteht. Im Bauwesen wird entsprechend der chemischen Zusam-

¹⁾ Zusammengestellt aus Angaben in A. BENTZ & H. MARTINI, II, 1968.

mensetzung zwischen Weißkalk, Dolomitkalk, Wasser-kalk, hydraulischem und hochhydraulischem Kalk unterschieden. Durch Löschen von Branntkalk entsteht der ebenfalls im Bauwesen verwendete Hydratkalk.

Minerale

<i>Kalzit</i>	Ca CO_3
<i>Dolomit</i>	$(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$

Lagerstättenkundliche Stellung

Kalke (=Karbonate) sind durch anorganogene Fällung oder biogene Prozesse gebildete Sedimentgesteine, welche in allen geologischen Zeiträumen vorkommen und auch heute gebildet werden. Metamorphe, grobkristalline Karbonate werden als Marmore bezeichnet. In marinen Seichtwasserbereichen wird die Bildung von Dolomit $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$ begünstigt. Kalke entstehen vorwiegend unter Mitwirkung von Organismen (Korallen, Algen, Foraminiferen). Chemisch gefällte Kalke sind relativ selten. Die meisten Karbonatgesteine sind mit Eisen, Magnesium, Mangan, Ton und Kieselsäure verunreinigt. Hochreine Kalke sind sehr seltene, gesuchte Rohstoffe.

Regionale Verbreitung und Hoffnungsgebiete

Kalke sind fast ausnahmslos in allen geologischen Formationen über die gesamte Erde verbreitet. Der Bedarf der einzelnen Länder kann meist aus deren eigenen Vorkommen gedeckt werden.

Kalk-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 short tons	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	20 390		
Belgien	2 100		
Brasilien	5 000		
Kanada	2 300		
Chile	700		
Frankreich	5 100	entsprechend	
BRD	9 900		
Italien	2 400		
Japan	9 900		
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	13 200		
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	52 000		
Welt – Gesamt (gerundet)	123 000		

Kalzium

Kalzium ist ein silberweißes, sehr weiches, reaktionsfähiges Metall, dessen Schmelzpunkt bei 851°C liegt.

Die Metallurgie bedient sich des Kalziums wegen seiner hohen Affinität zu Sauerstoff, Schwefel und anderen Elementen bei der Raffination von Eisen und

Stahl, Aluminium und anderen Metallen. Nickel- und Kupferschmelzen wird es zur Erzielung eines sauberen, einschlußfreien Metalls zugesetzt. Metallisches Kalzium findet des weiteren Verwendung als Zusatz zu Legierungen wie „Lagermetallen“, Feuersteinen, Permanentmagneten. Im Batteriebau dienen Kalzium bzw. Kalziumlegierungen zur Herstellung von Elektroden. Kalzium wird des weiteren als Gettersubstanz und in der organischen Chemie zur Raffination und Entschwefelung von Petroleum verwendet.

Wichtig für die Technik sind vor allem die in der Natur vorkommenden Salze des Kalziums wie Fluorit, Gips, Anhydrit, Kalk, Dolomit, Apatit, darüber hinaus haben das Kalziumchlorid, das Kalziumoxid, das Kalziumhydroxid und das Kalziumkarbid große Bedeutung.

Minerale, lagerstättenkundliche Stellung, regionale Verbreitung und Hoffnungsgebiete:

siehe Kalk, Kalkstein, Dolomit.

Kaolin: siehe Tone

Kiese: siehe Sand

Kobalt

Kobalt ist ein glänzendes, graues Metall von außerordentlicher Zähigkeit und Härte. Sein Schmelzpunkt liegt bei 1495°C . Kobalt wird zur Herstellung von hochtemperaturbeständigen und abriebfesten Legierungen, hochelastischen Stählen, Dauermagneten, Hart- und Schneidemetallen verwendet.

Das künstliche radioaktive Isotop ^{60}Co wird an Stelle von Radium zur Krebsbehandlung, als Strahlenquelle von Füllstandsanzeigern, Dichtemeßgeräten, bei zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen usw. verwendet.

In den Handel gelangt Kobalt in Form von:

Kathoden	99,0%
Pulver	99,0%
Kobaltoxid	70,0% (ceramic) 75,0% (metallurgical)

Daneben werden auch Kobaltsalze angeboten.

Minerale

<i>Linneit</i>	Co_3S_4
<i>Cobaltit (Kobaltglanz)</i>	Co As S
<i>Danait</i>	$(\text{Fe}, \text{Co})\text{AsS}$ bis 6–12% Co
<i>Safflorit</i>	CoAs_2
<i>Skutterudit (= Speiskobalt)</i>	$(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_3$
<i>Asbolan</i>	Co-Mn-Fe-Oxid (ohne feste Formel)
<i>Erythrin (Kobaltblüte)</i>	$\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Lagerstättenkundliche Stellung

Ausgesprochene Kobalterzlagerstätten sind selten, vielfach wird Kobalt zusammen mit anderen Erzen abgebaut. Kobalt ist geochemisch mit Nickel verwandt und tritt daher oft zusammen mit diesem in Lagerstätten auf.

Kobalterze können sowohl primär im liquidmagmatischen Stadium in Schlieren und Lagern mit anderen Sulfiden in basischen Gesteinen angereichert werden, als auch in mesothermalen Ganglagerstätten auftreten. Schichtige Komplexvererzungen (oft vulkanogen-sedimentärer, hydrothermaler Entstehung) können beträchtliche Mengen an Kobalt aufweisen. Durch Verwitterung kobaltführender basischer Ausgangsgesteine können dann Kobalterze angereichert werden (lateritische Kobalterze), wenn Co wegen der guten Diadochiebeziehungen zu Fe und Mg (vorwiegend in Olivinen und Pyroxenen) im Kristallgitter eingebaut worden ist.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Bedeutende Mengen an Kobalt werden aus den liquidmagmatischen Sulfiderzlagerstätten von Sudbury (The Copper Cliff) und Shebandowan/Ontario in Kanada gewonnen. Ähnliche Vorkommen liegen bei Lynn Lake/Manitoba. In Cobalt/Ontario wird ein in Diabasen auftretendes Kobalterznetzwerk wirtschaftlich abgebaut. Obwohl in den Vereinigten Staaten von Amerika zwar Kobalterzlagerstätten bekannt sind, werden diese wegen ihrer geringen Wirtschaftlichkeit derzeit nicht genutzt (Blackbird-, Stillwater-Complex u. a.). In Idaho sollen die Vorkommen von gediegenem Kobalt (West Panther Creek) in naher Zukunft erschlossen werden. Zur Zeit wird auch die Möglichkeit der wirtschaftlichen Gewinnung von Kobalt aus Lateriten Oregons, dem Duluth-Gabbro Minnesotas, aus Bleierzen Missouris sowie aus den Tiefseeknollen überprüft.

Mittel- und Südamerika: Durch Verwitterung kobaltführender basischer Ausgangsgesteine entstanden große Kobalterzvorkommen in Kuba (Nicaro, Punta Gorda, Moa Bay). Kobalt wird auch aus sulfidischen Vererzungen in der Provinz Pinar de Rio gewonnen. Ähnliche Lagerstätten sind in Brasilien, der Dominikanischen Republik (Bonao), Guatemala (Lake Izabal), Venezuela (Loma de Hierro), Kolumbien (Cerro Matoso) und Puerto Rico (Guanajibo) bekannt.

Afrika: Afrika verfügt über die größten Kobaltreserven der Erde. Aus den größtenteils synsedimentär, marin-hydrothermal angelegten, kobaltführenden sulfidischen Kupfererzlagerstätten Zaires (Kipushi, Musoshi, Kakanda, Musonoi, Kamoto, Kombove u. a., rund 60% der Weltproduktion!), Sambias (Nkana-Mindola, Chibuluma, Baluba), Angolas, Ugandas (Kilembe) sowie Zimbabwe-Rhodesiens (Shangani, Empress u. a., liquidmagmatisch!) werden bedeutende Mengen an Kobalt gewonnen. Liquidmagmatische, sulfidische Vererzungen werden in Botswana (Selebi-Pikwe) genutzt. In Marokko werden bei Bou Azzer u. a. an Skarne gebundene Kobalterze abgebaut.

Australien: Aus den polymetallischen Lagerstätten von Broken Hill (New South Wales), Read Rosberry (Tasmania) sowie den lateritischen Nickelvererzungen von Greenvale (Queensland) fallen u. a. bedeutende Mengen an Kobalt an. In Western Australia sind liquidmagmatische Vererzungen im Kalgoorlie-Kambalda-District und Windarra bekannt. Von großer Bedeutung sind die lateritischen Nickelvererzungen Neukaledoniens (Poro, Kouaoua, Thio, Nepoui, Goro).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion wird Nickel als wirtschaftliches Beiproduct komplexer Sulfidvererzungen extrahiert (Norilsk/Westsibirien, Monchegorsk, Pechenga/Halbinsel Kola, Yuzhurnalnickel, Ufaley, Rezhsk/Ural. In den Nickel-Kobalt-Erzlagerstätten von Khovu-Aksinsk (Republik Tuva) werden etwa 100 000 t Co vermutet. Kobaltführende Pyriterze werden in Bawdwin/Burma abgebaut. In Indien wird Kobalt in geringen Mengen als Beiproduct aus Komplexerzen von Khetri und Sikkim gewonnen. Kobaltführende Lateritlagerstätten liegen auf Indonesien (Sulawesi, Molukkeninseln) und den Philippinen (Luzon, Palawan, Nonoc).

In der Volksrepublik China sind kobaltführende Komplexerzlagerstätten im SW von Yunnan (Dahuhanshan) bekannt. Kobaltführende Titanomagnetit-Lagerstätten größerer Ausmaßes liegen in Setchuan. Weitere bedeutende Vorkommen bestehen auf der Insel Hainan.

Europa: Aus den metamorphen, polymetallischen Lagerstätten von Katalahti, Vuonos und Outokumpu (Finnland) werden bedeutende Mengen an Kobalt gewonnen. In Kongsberg (Norwegen) werden Kobalt-Silber-Erzgänge abgebaut.

Zahlreiche Co-führende Ganglagerstätten liegen im Sächsischen Erzgebirge (Schneeberg) sowie im Harz (Andreasberg). Die Sulfiderze des Huelva-Districts (Spanien) sind wegen ihres Co-Gehaltes bekannt.

Österreich: In den Ostalpen sind kleine Kobalterzvorkommen bekannt. Kobaltführende polymetallische Erzgänge wurden einst im Bereich der Zinkwand/Schludminger Tauern beschürft. In den Kupfererzgängen und Kupfererzlagern der Grauwackenzone (Mitterberg-Nordrevier, Südrevier) sowie in sedimentären Kieslagern vom Typ Großarltal liegen mitunter bedeutende Anreicherungen von Kobalterzen. Örtlich führten auch die Tauerngoldgänge sowie die Eisenspatlagerstätten vom Typ Hüttenberg Kobalterze.

Hoffnungsgebiete

Kobalt könnte in verstärktem Maße aus komplexen Sulfidvererzungen als wirtschaftliches Beiproduct (Lagerstätten im Australischen, Kanadischen und Indischen Schild) gewonnen werden; mehr Bedeutung als jetzt wird in Zukunft allerdings noch den unzureichend erschlossenen lateritischen Co-Erzlagerstätten tropischer Bereiche (Kuba, Philippinen, Australien, Indien) zukommen. Aus den Co-führenden

Manganknollen der Tiefsee könnten enorme Mengen gewonnen werden, sofern die Technologie eine wirtschaftliche Förderung erlaubt.

Kobalt-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in short tons Reservenbasis	
		Menge	Gehalt in %
USA	—	350 000	0,01–0,8
Australien	3 800	50 000	0,08–0,12
Botswana	200	30 000	0,06
Kanada	1 000	30 000	0,03–0,11
Finnland	1 500	20 000	0,2
Marokko	2 000	15 000	1,2
Neu Kaledonien	4 600	100 000	0,05
Philippinen	1 200	200 000	0,03–0,12
Zaire	14 500	1 300 000	0,25–0,45
Zambia	3 000	400 000	0,09–0,4
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	50	400 000	0,01–1,4
Andere Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft	4 000	450 000	0,05–0,15
Welt – Gesamt (gerundet)	35 800	3 300 000	

Substitution

Kobalt kann nur teilweise durch Nickel substituiert werden. Kupfer und Manganverbindungen können Kobalt in der Pigmentindustrie teilweise ersetzen.

Korund, Cyanit (Disthen), Sillimanit, Andalusit

Korund

Das hexagonale, rhomboedrisch kristallisierende α -Aluminiumoxid kommt in der Natur als Korund vor. Dieser ist meist durch Verunreinigungen gefärbt und getrübt und hat die Mohshärte 9. Gut gefärbte, klare Korunde sind gesuchte Edelsteine (rot = Rubin, blau = Saphir). Mit Magnetit, Hämatit und Quarz verwachsener Korund wird als Schmigel bezeichnet.

Seit alters her dient Korund zur Herstellung von Schleifmitteln. Aus Sinterkorund werden Laborgeräte, Schleifscheiben, Mühlenfutter, hochfeuerfeste Baustoffe usw. erzeugt.

Korund wird heute meist durch Schmelzen von aus Bauxit hergestelltem Aluminiumoxid in Elektroöfen synthetisch hergestellt. Künstliche Korunde werden als Lagersteine für Uhren und Meßinstrumente, als Schleifmittel sowie zu den oben genannten Zwecken benötigt.

Cyanit (Disthen), Sillimanit, Andalusit

Das Aluminiumsilikat $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ tritt in der Natur in drei Formen auf, und zwar als Cyanit (Disthen), Sillimanit

und Andalusit. Alle drei Formen stellen einen wertvollen Rohstoff zur Herstellung von hochfeuerfesten, chemisch resistenten Stoffen und keramischen Massen dar. Beim Brennen gehen alle drei Modifikationen in Mullit und Cristobalit über.

In den Handel gelangen Konzentrate mit über 90% Andalusit (inkl. Cyanit und/oder Sillimanit). Gehalte von über 2,75% Fe_2O_3 sind schädlich.

Minerale

<i>Korund</i>	Al_2O_3
<i>Rubin und Saphir</i>	edle Formen des Korunds
<i>Cyanit (Disthen)</i>	$\text{Al}_2^{[6]}\text{O/SiO}_4$
<i>Sillimanit</i>	$\text{Al}^{[6]}\text{Al}^{[4]}[\text{O/SiO}_4]$
<i>Andalusit</i>	$\text{Al}^{[6]}\text{Al}^{[5]}[\text{O/SiO}_4]$

Lagerstättenkundliche Stellung

Die Alumosilikate Cyanit (Disthen), Sillimanit und Andalusit sowie das Aluminiumoxid Korund sind stets als Produkte einer starken Regional- bzw. Kontaktmetamorphose aus Al-führenden Ausgangsgesteinen entstanden. Die Minerale können dabei als „Blasten“ im Gestein sprossen, aber auch eigene Gänge und Lagerlinsen bilden. Mitunter tritt Korund auch in Pegmatitkörpern auf. Die überaus große Härte begünstigt die Ausbildung von Seifenlagerstätten.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Bauwürdige Lagerstätten sind äußerst selten; Vorkommen an Korund sind in den Vereinigten Staaten von Amerika in Montana sowie Aastings (Ontario) in Kanada, bekannt. Cyanitlagerstätten liegen in Alabama (Georgia/Lincoln County) und Virginia (Willis Mountains, Baker Mountains). Andalusitvorkommen liegen in den White Mountains, Kalifornien. In Florida sind Küstensande reich an Cyanit (Tail Ridge). Während die USA vollständig auf den Import von Korund angewiesen sind, sind sie bei den Alumosilikaten als Nettoexporteur einzustufen.

Mittel- und Südamerika: Aus Pegmatiten werden vorwiegend in Brasilien Cyanite gewonnen (Barao de Guaicu/Minas Gerais). Darüber hinaus werden in der Provinz La Coruna Alluvionen beschürt.

Afrika: Mehrere der bedeutendsten Alumosilikatlagerstätten der Erde befinden sich in der Republik Südafrika. Andalusite werden in Transvaal aus Pegmatiten und Gängen, Sillimanite bei Pofadder in der Kapprovinz sowie in Namaqualand gewonnen. Die Andalusite des Zeerust-Gebietes sind hingegen von geringerer Qualität. In Zimbabwe-Rhodesien sind große Cyanitlagerstätten bekannt. In Kenia liegen die Cyanitvorkommen von Murka Hills.

Australien: Verschiedentlich wurden Korund und Cyanit in Queensland abgebaut. Sillimanit wird bei Mount Crawford (bei Adelaide/South Australia) gewonnen.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die weltgrößten Reserven an Alumosilikaten liegen in der Sowjetunion (Ural, Sibirien [Krasnojarsk]). Bedeutende Vorkommen von Cyanit und Korund findet man in Indien. Eine Cyanitlagerstätte wurde vor kurzem im Nallore District/Andhra Pradesh erschlossen. Beachtliche Mengen an Quarz-Cyanit-Gesteinen sind darüber hinaus im Singhbum-District/Bihar bekannt. Sillimanit wird in Meghalaya, Maharashtra und Kerala (Quilon) gewonnen. Seit 1976 werden die Lagerstätten von Khasi und Jaintia Hills (Meghalaya) abgebaut. Sillimanitführende Küstensande werden in Tamil Nadu und Kerala beschürt. In der VR China sollen in der Provinz Shansi große Mengen an Cyanit vorhanden sein.

Auch in der Türkei werden Korund und Cyanit gewonnen. Bei Izmir (Smyrna) wird Schmirgel (Name!) im Tagbau gewonnen.

Europa: Der wichtigste Produzent an Korund (Schmirgel) ist Griechenland. Auf der Insel Naxos/Ägäis werden durch Kontaktmetamorphose entstandene Korundlagerstätten abgebaut.

In Hallsjöberg/Schweden wird Cyanit gewonnen. Große Vorräte an Andalusit sind in Frankreich in der Bretagne bekannt (5 bis 10 Mio t).

Österreich: Österreich verfügt über eine Reihe von Cyanitvorkommen in den Ostalpen und der Böhmisches Masse. Die Vorkommen auf der Koralpe, im Bereich der Saualpe sowie im Gebiet von Radenthein wurden zwar montangeologisch neu aufgenommen, zeigten jedoch nicht den erwarteten Erfolg. In der Böhmisches Masse sind Vorkommen in Glimmerschiefern und Granuliten (Krems, Göttweig u. a.) bekannt.

Hoffnungsgebiete

Als Hoffnungsgebiete für Korund, Cyanit, Sillimanit und Andalusit sind die kristallinen Gebiete des Indischen, Afrikanischen und Ostasiatischen Schildes sowie die hochmetamorphen Kerne von Orogenen (z. B. Naxos!) zu werten.

Korund-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in short tons Reserven- basis
USA	–	keine
Zimbabwe Rhodesien	5 000	
Republik Südafrika	175	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1 000	Große Reserven, jedoch keine weite- ren Daten verfügbar.
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Markt- wirtschaft	8 800	
Welt – Gesamt (gerundet)	14 975	

Cyanit-, Sillimanit-, Andalusit-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in 1.000 short tons Reserven- basis
USA	vertraulich	30 000
Frankreich	10	5 000
Indien	45	5 000
Republik Südafrika	135	5 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	10	20 000
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Markt- wirtschaft	nicht erhebbar	35 000
Welt – Gesamt (gerundet)	200 ¹⁾	100 000

¹⁾ Ohne USA und Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft.

Substitution

Korund kann durch andere Schleifmittel, wie Granat, Diamant, Borazon und Siliziumkarbid, ersetzt werden.

Zwei Arten von synthetischem Mullit (geschmolzene und gesinterte, hochreine feuerfeste Tone und hochaluminiumhältige Materialien) können den Mullit bei der Herstellung von feuerfesten Steinen vertreten. Wichtige Rohmaterialien für die zwei Arten von synthetischem Mullit sind Bauxit, Kaolin und andere Tone und Quarzsande.

Kupfer

Kupfer ist ein rotes, hartes, dabei jedoch zähes und dehnbares Metall von guter elektrischer und thermischer Leitfähigkeit, das zu sehr dünnen Blechen und Drähten verarbeitet werden kann. Sein Schmelzpunkt liegt bei 1 083° C.

Etwa 40% der jährlichen Produktion werden zur Herstellung von Kupferlegierungen, wie Bronze (Kupfer/Zinn), Messing (Kupfer/Zink) oder Neusilber (Kupfer/Zink/Nickel) für den Maschinenbau verwendet. In Fällen, in denen eine hohe Leitfähigkeit für Elektrizität oder Wärme erwünscht ist, kommt reinstes Elektrolytkupfer zur Anwendung. Die Elektroindustrie nimmt 50% des jährlich erzeugten Kupfers auf.

Der Gebrauch von Kupfer im Kunstgewerbe beruht auf der leichten Form-, Polier- und Gravierbarkeit des Metalls und seiner Legierungen.

In Form seiner Salze spielt Kupfer seit alters her eine bedeutende Rolle im Pflanzenschutz.

Kupfer kommt als Anoden- und Rohkupfer mit einer Reinheit von 97%, Elektrolytkupfer mit einer Reinheit von 99,97% bis 99,98% oder in Form seiner wichtigsten Salze, wie Kupfersulfat oder Kupferoxidchlorid, in den Handel. Daneben werden Legierungen, wie Messing, Geschützbronze (Gunmetal) usw., in Ingots angeboten.

Minerale

Gediegen Kupfer	Cu
Kupferglanz	Cu ₂ S
Bornit	Cu ₅ FeS ₄
Kupferkies	CuFeS ₂
Enargit	Cu ₃ AsS ₄
Covellin	CuS
Azurit	Cu ₃ [OH/CO ₃] ₂
Malachit	Cu ₂ [(OH) ₂ /CO ₃]
Cuprit	Cu ₂ O

Lagerstättenkundliche Stellung

Kupfererze treten in zahlreichen Lagerstättentypen magmatischer und sedimentärer Entstehung auf. Häufig sind Kupfererze als hydrothermale, polymetallische Verdrängungs- und Imprägnationslagerstätten in Gangform ausgebildet. Bedeutend ist die Kupferführung der komplexen Kieslagerstätten, die meist vulkanogen sedimentär angelegt sind. Im sedimentären Zyklus wird Kupfer in bituminösen Tonsedimenten, den „Kupferschiefern“ oder „Kupfersandsteinen“, angereichert.

Liquidmagmatische, hochthermale Lagerstätten im Bereich alter, präkambrischer Schilde sind wirtschaftlich ebenfalls bedeutend. Von besonderem Interesse sind Lagerstätten vom Typ Disseminated-Copper-Ores („Porphyries“), welche zwar geringe Kupfergehalte (0,3–0,8% Cu), aber dafür mächtige Erzsubstanzen (mit oft wirtschaftlichen Beimengungen von Mo, Re, W, Se, Au usw.) aufweisen. Aus diesen Lagerstätten stammt zur Zeit mehr als die Hälfte der Weltproduktion von Kupfer. Kupfererzlagerstätten kontaktmetamorpher Entstehung sind zwar bekannt, weltwirtschaftlich jedoch von geringer Bedeutung.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada existieren mächtige, in präkambrischen Magmatiten des Kanadischen Schildes eingelagerte liquidmagmatische kupferführende Erzlagerstätten in Ontario (Sudbury), Manitoba und Quebec. Lagerstätten vom Typ der Disseminated-Copper-Ores liegen in den kanadischen Kordilleren, in British Columbia (Sam Goosley, zirka 45 Mio t, 0,35% Cu), Gibraltar, Highmont Prop., Logan Lake u. a. o. sowie im Yukongebiet. An Rhyolithe und Andesite gebundene Cu-Au-Erze werden in Noranda (Horne Mine) gewonnen. Komplexe, vulkanogen sedimentäre Cu-Erze werden in Kidd-Creek abgebaut.

Wirtschaftlich bedeutende Kupfererzlagerstätten liegen in den Vereinigten Staaten von Amerika. Lagerstätten, vorwiegend vom Typ der Disseminated-Copper-Ores liegen in Arizona (Morenci, Twin Buttes Pima, Pinto Valley, Kingman, Tucson, Sierrita, San Manuel, mit oft nicht unbedeutenden Beimengungen von Mo), New Mexico (Chino-Mine, Fyrone-Mine) und Utah (Bingham, weltgrößter Kupfererztagbau!). Die feinverteilten Erze sind vorwiegend an Monzonite und Granodiorite gebunden. In der typomorphen Lager-

stätte von Yerington/Nevada werden täglich 30 000 t Hauwerk aufbereitet. Gangförmige, polymetallische Kupfererze werden in Butte (Montana) gewonnen. In Alaska liegen ausgedehnte Armerzlagerstätten an der Südwestflanke der Brooks Range und in den Wrangell-Bergen, die zur Zeit exploriert werden. Weitere Lagerstätten liegen in der Alaska Range, der Yakobi-Insel sowie dem Brady und Glacier Bay National Monument.

Zahlreiche Lagerstätten werden zur Zeit zum Abbau vorbereitet (Troy-Property, Lincoln/Montana, Miami East/Arizona, Victoria, Currie/Nevada, Lakeshore/Arizona u. a.).

Mittel- und Südamerika: Kupfererze treten in Mittel- und Südamerika in zahlreichen Großlagerstätten des südamerikanischen Küstenorogens auf. Die mexikanischen Lagerstätten von Petatitlan/Guerrero sind als Komplexerzvorkommen von einiger Bedeutung. Bei La Caridad wurden in letzter Zeit bedeutende Armerzvorräte nachgewiesen. Mehrere kleinere Vorkommen von Kupfererzen sind im Stadium der Erschließung begriffen. Kuba verfügt über eine Reihe von Kupfererzlagerstätten in den Provinzen Pinar del Rio, Las Villas und Oriente. In Panama sollen in der im Aufschluß befindlichen Lagerstätte von Cerro Colorado ab 1982 täglich etwa 100 000 t an Erzen abgebaut werden. Durch systematische geochemische Untersuchungen wurde in Ecuador eine Lagerstätte vom Porphyrytyp bei Caucha entdeckt. In Guatemala wird zur Zeit ein Kupfererzbergbau erschlossen. In Brasilien soll in Kürze die Caraiba-Mine/Bahia die Produktion von Kupfererzen aufnehmen. Ab 1981 werden auch die Camaqua-Mine/Rio Grande do Sol sowie Pedra Verde/Ceara fördern. In Kolumbien liegen im Golf von Uraba etwa 500 Mio t an Kupfererzen. Kleinere Lagerstätten, wie z. B. bei Payande, Mina Vieja im Tolima Dep., produzieren relativ geringe Mengen an Kupfererzen. In Chile werden dispers verteilte Imprägnationserze bei Cuquicamata (300 Mio t Reserven, 1,25% Cu; El Salvador, mit Mo!), Rio Blanco (in 3 600 m Seehöhe, komplette Aufbereitung unter Tage!), El Teniente, Andina, Padahuel und El Indio abgebaut. Die nördlich von Antofagasta gelegene Lagerstätte Mantos Blancos, welche zur Zeit noch in oxidischen Erzen umgeht, verfügt über Reserven von 30 Mio t (1,5% Cu). Die Lagerstätte La Exotica wurde für mehrere Jahre stillgelegt. Im peruanischen Anteil der Kordilleren befinden sich in jungen Daziten bedeutende Kupfererzvorräte in Form polymetallischer Ganglagerstätten (Cerro de Pasco). In der Cobrizo-Mine/Tayadaja soll ab 1982 die Produktion erheblich erweitert werden. Großlagerstätten vom Typ der Disseminated-Copper-Ores werden bei Toquepala und Cuajone abgebaut. Unregelmäßige und verstreute, jedoch reiche Kupfererze werden im Küstengebiet Perus in zahlreichen Kleinbergbauen (Mina Raul) gewonnen. Bolivien verfügt über polymineralische Kupfererzlagerstätten im Bereich um La Paz (Corocoro und Chacarillo).

Afrika: Die Großlagerstätten Afrikas liegen in Zaire und Sambia (Katanga, Copper Belt). In Zaire werden schichtige, sedimentär angelegte Kupfererze in mehreren Tagbauen (Musonoi, Kamoto, Ruwe, M'Sesa, Kakanda) und Grubenbauen (Kamoto, Kipushi, mit Co, Ge, Zn) abgebaut („Copper Belt“). Zaire zählt zu den bedeutendsten Kupfererzproduzenten der Erde. Die sambischen Kupfererzlagerstätten liegen ebenfalls im Kupfergürtel (Bwana-Mkubwa, Chingola, Mufulira, Chambishi, Nkana-Mindola, Kalulushi, Manshya) sowie im Solwezi-District (Kansanshi), Kalengwa-District (Kalengwa) und anderorts. Aus der Lagerstätte von Cananea sollen nach Inbetriebnahme täglich zirka 70 000 t Kupfererze gewonnen werden. Die polymetallischen Ganglagerstätten von Tsumeb und Windhoek (Namibia) liefern bedeutende Mengen Kupfererz. Die neu aufgeschlossene Otjihase-Mine (NE Windhoek) steht bereits voll in Förderung. Eine kupferführende liquidmagmatische Sulfiderzlagerstätte wird in Zimbabwe-Rhodesien bebaut (Empress-Mine). Weitere Cu-Erzlagerstätten liegen bei Shakleton-Avondale, Inyati u. a. o. In Angola liegen porphyrische Cu-Erzlagerstätten bei Mavaio-Tetelo, Maguela, Zombo und Cocheiras do Binga. In der Republik Südafrika sind in Nordosttransvaal bei Palabora große, an Karbonatite gebundene Kupfervererzungen bekannt. In Messina/Transvaal sind Kupfererzgänge Ziel von Bergbauaktivitäten. In der nordwestlichen Kapprovinz liegen bei Pofadder und Prieska polymetallische Erzkörper.

In Mauretanien werden oxidische Kupfervererzungen bei Akjout abgebaut. In Algerien soll ab 1982 der Kupfererzbergbau Kef-Oum-Teboul produzieren. Eine weitere Lagerstätte wird zur Zeit in Marokko (El Bleida) erschlossen. Durchaus beachtliche Mengen an Kupfererzen werden in Tazalagh et Assif Imider und Ouansimi et Talaat (Marokko) gewonnen. Armerzlagerstätten vom Porphyrytyp dürfen in Afrika als „Alter Schild“ nur untergeordnet erwartet werden.

Australien: In Australien werden derzeit Kupfererze in ständig steigendem Umfang, vorwiegend in den polymetallischen, sedimentär angelegten Lagerstätten von Mount Isa und Mount Morgan in Queensland gewonnen. Daneben sind zahlreiche kleinere Lagerstätten in New Southwales (Cobar, Woodlawn), Tasmania (Mount Lyell, Rosebery), South Australia (Mount Gunson, Kanmantoo), Western Australia (Kambalda) usw. bekannt. Im Northern Territory bestehen die Kupfererzbergbaue von Gecko, Orlando, Peko und Warrego (Tennant Creek, zur Zeit stillgelegt). Auf der Insel Bougainville (Papua-New Guinea) wurde kürzlich wieder mit dem Abbau der Großlagerstätte Panguna (rund 1 Mrd t Cu) begonnen. Daneben werden mehrere höföige Lagerstättbereiche zur Zeit exploriert (Mons Cupri, Golden Grove, Olympic Dam, Chesny, Benambra). Kupfer wird auch als Beiproduct aus Komplexerzlagerstätten (Broken Hill, Hercules, mit Pb-Zn; Cleveland, mit Sn) und Hüttenbetrieben (Kwinana) gewonnen.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die größten Kupfererzvorräte Asiens liegen in der Sowjetunion. Die

Kupfererz- und Pyritlagerstätten des Urals sind größtenteils vulkanogen-sedimentär. Daneben existieren bekannte Lagerstätten vom Typ der Disseminated-Copper-Ores in Kasachstan (Kounradsky) und in Usbekistan (Almalyk, Kalmakyr). Sedimentäre, an Sandsteine gebundene Kupfererzlagerstätten liegen in Transbaikalien (Udokan) und Kasachstan (Dsheskasgan).

Liquidmagmatische Cu-führende Sulfiderze werden in Norilsk abgebaut. In der Mongolei findet man mächtige Kupfervererzungen bei Erdenet. Bedeutende Kupfererzmengen werden in Indonesien (Gunung Bijih/Irian Joya) und den Philippinen (Mankayan, Rapu-Rapu) aus Lagerstätten vom Porphyrytyp im zirkumpazifischen Raum gewonnen (In Ertsberg sind neuerdings Kupfervererzungen gigantischer Dimension bekanntgeworden. Allein 5 Mio t Reicherz können ohne Abraum im Tagbau gewonnen werden!). Zahlreiche Kupfererzlagerstätten werden hier zur Zeit erschlossen (Cabuagan, Kalinga-Apayad, Dizon Copper Proj., Barrio-Mabini-Mine/Mindanao, Billy Bueno, San Antonio Deposit, Sipalaya-Mine, San Jose, Negros).

Die Kupfererzreserven der Volksrepublik China sind schwer abzuschätzen, scheinen aber den Bedarf decken zu können. Porphyrische Lagerstätten sind in der Provinz Kiangsi bekannt. Um Tehsing liegen Bergbaue bei Tungchang, Fuchiawu und Chuhahung. Lagerstätten vom Porphyrytyp wurden auch in der Provinz Shansi (Yuanqu) nachgewiesen. Kupfervererzungen verschiedener Genese liegen in Hungdoshan, Huadong; Tunghan/Jilin, Tungguanshan/Fenghuang/Anwei. Eine bedeutende Lagerstätte wurde kürzlich in Dahungshan/Yunnan entdeckt. Taiwan verfügt über eine goldführende Kupfererzlagerstätte bei Chinkwasih im Norden des Landes. In Japan werden sedimentäre Kupfererze des Kurokotyps vor allem im Hokuroko-Bezirk abgebaut. Daneben werden noch Kupfererzlagerstätten anderer Genese genutzt. Dennoch reicht die Produktion keineswegs aus, den japanischen Bedarf zu decken. Nach Erschöpfung der polymineralischen Erze der Lagerstätte von Kosaka wurden nach eingehenden Sucharbeiten weitere Vorkommen bei Uchinotai und Uwamuki entdeckt und aufgeschlossen. Kupferführende, polymineralische Erze vom Kurokotyp (vgl. Kapitel Blei – Zink!) werden bei Hanaoka gewonnen.

In Pakistan wurden bei Saidak etwa 260 Mio t an Kupfererzen nachgewiesen. In Burma sollen ab 1981 neben den bereits bestehenden Kupfererzbergbauen zusätzliche in Betrieb gehen (Monywa, Mandalay). Obwohl Indien über zahlreiche Kupfererzlagerstätten in Rajasthan (Khetri, Kolihan, Dariba, Chandmari, Satkui, Bhagoni), Bihar (Rakha, Turamdihi, Tambapahar, Roam-Siddheshwar, Mosaboni) und Madhya Pradesh (Malanjkhand/Balaghat, in Erschließung!) verfügt, ist die Eigenversorgung unzureichend. Kleinere Lagerstätten sind in Rajasthan (Sirohi) und anderorts bekannt. Bisher unbekannte Kupfervererzungen wurden im Norden von Karnataka bei Kallur und Machanur im Raichur District entdeckt.

In der Türkei liegen zahlreiche Kupfererzlagerstätten verschiedenster Genese. Die schichtgebundenen unter ihnen lassen sich in einen nördlichen „pontischen“ Gürtel und einen südlichen von Iskenderun über Ergani nach Siirt unterteilen. Bedeutende Lagerstätten des pontischen Zuges sind Murgul, Samson, Harsit Köprübasi und Küre/Kastamou. Im südlichen Zug sind die Lagerstätten von Ergani, Madenkoy u. a. besonders zu erwähnen. Im Iran wurde in jüngster Zeit die Armerzlagerstätten von Sar Ceshmeh erschlossen (zirka 450 Mio t).

In Israel werden Kupfererze tagbau- und grubenmäßig in Timna abgebaut. In Jordanien werden Kupfererzvorkommen zur Zeit in der Wadi-Araba-Region (zirka 60 Mio t) exploriert. In Oman soll ab 1982 mit dem Abbau des Kupfererzvorkommens von Sohar bei Maskat (15 Mio t, 2,1% Co) begonnen werden.

Europa: In metamorphen, basischen, präkambrischen Gesteinen liegt die kupferführende Kieslagerstätte von Outokumpu in Finnland. Kupfer fällt auch in Fålun (Schweden) an. Cu-führende, polymetallische Sulfidkörper werden in Lökken, Repparfjord, Sulitjelma, Tverrfeljet und in Norwegen (Skorovas) abgebaut. Schichtige, sedimentäre Kupfererze werden in der Bundesrepublik Deutschland gemeinsam mit anderen Sulfiderzen am Rammelsberg gewonnen, während die ehemals berühmten Mansfelder Kupferschiefer nicht mehr bebaut werden. Kupfermergel werden hingegen in stark zunehmendem Umfang in Polen bei Boleslaw (Bunzlau), Konrad, Rudna Sieroszowice, Lubin (Lüben), Polkowice und Legnica (Liegnitz) zum Teil bereits in großen Teufen abgebaut (1978: 23,5 Mio t!).

In Irland wurden sulfidische, kupferführende Erzkörper bis 1975 in Gortdrum (mit Ag und Hg) abgebaut. Zur Zeit wird Kupfererz vor allem aus der Lagerstätte Avoca (südlich Dublin) abgebaut, während die aus der Blei-Zink-Erzlagerstätte von Tynagh beibrechenden Kupfererze derzeit auf Halde gestürzt werden.

In Italien werden geringe Mengen an Kupfererzen mit Pyrit bei Campiano gewonnen. Hydrothermale, vulkanogen-sedimentäre Lagerstätten mit reichlich Kupferkies liegen im „Huelva Pyrite Belt“ Südspaniens (Cerro Colorado, zirka 64 Mio t Reserven!). Eine weitere Lagerstätte gleichen Typs (Sotiel Coronado) ist im Stadium der Erschließung. Massive, schichtgebundene kupferführende Komplexerze werden in Rio Tinto (Spanien) bebaut. In Portugal soll die bedeutende Kupferzlagerstätte von Castro Verde (Alentejo) in absehbarer Zeit mit der Produktion beginnen.

In Jugoslawien liegen an hydrothermal veränderte Andesite gebundene imprägnierte Kupfererze in den Lagerstätten von Bor und Maidanpek (Ostserbien). Bei Bor wurde darüber hinaus ein rund 500 000 t Kupfererz führendes neues Erzlager entdeckt, welches im Tagbau gewonnen wird. In Veliki-Krivelj/Ostserbien werden Kupfervererzungen größerer Dimension ab 1981 abgebaut. In Radovis wurde eine Lagerstätte erschlossen, aus der jährlich 3,7 Mio t an Kupfererzen (25 000 t Cu, 2,5 t Au, 0,5 t Ag) gefördert werden. In Mazedonien wird bei Bucim eine große Kupfererzlagerstätte (1 Mrd t?) zum Abbau vorbereitet. Kupfererz-

lagerstätten kleineren Ausmaßes liegen in Albanien (Mirdite, Puke, Kukes, Shkoder). Aus polyminalischen kupferführenden Lagerstätten werden in Griechenland Kupfererze gewonnen (Kassandra, Ermianis). In Rumänien werden Kupfererze aus dem Baia-Mare-Gebiet, Balau, Fundul Moldovci, Lesul Ursului, Balan, Borsa, dem Süd-Banat und den Apuseni-Bergen gewonnen. Auch in Bulgarien sind große Kupfererzlagerstätten (insgesamt zirka 400 Mio t) bei Medet im westlichen Zentralbulgarien, Rosen und Vurly Bryag, südlich und westlich von Burgas (Stranja-Zone) bekannt. Auf Cypern wurden bis vor kurzem kupferführende Kieskörper (Limni, Kokkinoia, Skounotissa) abgebaut.

Österreich: In den Ostalpen sind an mehreren Stellen, vor allem in der Nördlichen Grauwackenzone, Kupfererzlagerstätten bekannt. Die größte unter ihnen, Mühlbach am Hochkönig (Mitterberg), wurde erst vor kurzem geschlossen. Kupferkies tritt einerseits als hydrothermale Gangfüllung (Mitterberg-Nordrevier, Röhrerbühel), andererseits aber auch als Beimengung von Kieslagern (Mitterberg-Südrevier, Panzendorf, Großarl, Walchen bei Öblarn, Kallwang usw.) auf. Die Fahlerzgänge des Schwaz-Brixlegger Raumes beinhalten beachtenswerte Mengen an Cu. Die ostalpinen Eisenspatlagerstätten führen Kupferkies, wenngleich auch nur in untergeordneten Mengen.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für Lagerstätten vom Typ der Disseminated-Copper-Ores sind der gesamte zirkum-pazifische und ostmediterrane Raum.

Neuentdeckungen sedimentär angelegter Großlagerstätten im Bereich Alter Schilder (z. B. Afrika, Australien, Sibirien) liegen durchaus im Bereich des Möglichen.

Falls eine Gewinnung der Cu-führenden Manganknollen der Tiefsee technisch und wirtschaftlich möglich sein sollte, könnten daraus bedeutende Mengen an Cu gewonnen werden.

Kupfer-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 metric tons Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	1 430	101 000
Australien	260	9 000
Kanada	620	35 000
Chile	1 040	107 000
Papua-Neu Guinea	180	16 000
Peru	370	35 000
Philippinen	270	20 000
Republik Südafrika	190	6 000
Zaire	380	26 000
Zambia	590	37 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	540	85 000
Polen	300	14 000
UdSSR	840	40 000
Andere Länder mit zentrali- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	370	12 000
Welt – Gesamt (gerundet)	7 380	543 000

Substitution

Bei der Herstellung von elektrischem Leitungsmaterial kann Kupfer durch Aluminium substituiert werden. Besonders stark ist der Substitutionswettbewerb bei Stromkabeln und im Freileitungsnetzbau im Bereich hoher Spannungen. Kupferrohre können teilweise durch Kunststoffrohre ersetzt werden. Bei Fassadenverkleidungen und Dächern tritt Stahl und Aluminium in immer größerem Maße an die Stelle von Kupfer.

Lanthan: siehe Seltene Erden

Leuchtenbergit: siehe Talk

Leukophyllit: siehe Talk

Lithium

Lithium ist ein silbrigglänzendes, zähes, außerordentlich leichtes Metall (das leichteste der Leichtmetalle), dessen Schmelzpunkt bei 181°C liegt.

Metallisches Lithium findet vor allem in der Metallurgie Verwendung. Als Legierungszusatz kann es die mechanischen Eigenschaften, wie die Härte, von Aluminium und Blei sowie die Korrosionsbeständigkeit von Magnesiumlegierungen verbessern. In der Kerntechnik erlangte Lithium bei der Herstellung von Tritium, als Abschirmungsmittel und als Reaktorkühlmittel Bedeutung.

In der Mineralölindustrie wird Lithium als Katalysator zur Entschwefelung sowie zur Polymerisation von Isopren verwendet. Lithiumverbindungen werden ferner in der Keramik- und Glasindustrie als Flußmittel sowie in der Seifenindustrie verwendet. Lithium wird auch Schweißelektroden zugesetzt. In neuerer Zeit wird Lithium auch als Lösungsanode in elektrochemischen Stromquellen genutzt.

Übliche Handelsformen von Lithium sind Zylinder oder Masseln mit einem Reinheitsgrad von 99,9%. Daneben werden Mineralkonzentrate von Petalit mit Gehalten von 3,95 bis 4,5% Li₂O und Spodumen mit Gehalten von 4 bis 7% Li₂O angeboten.

Minerale

Amblygonit

(Li,Na)Al[(F,OH)/PO₄]

Spodumen

LiAl[Si₂O₆]

Lepidolith

x.K₂Li₄Al₂[(F,OH)₂/Si₄O₁₀]₂

Petalit

Li[AlSi₄O₁₀]

Lithiumchlorid

LiCl

Lagerstättenkundliche Stellung

Endogen gebildete Lithiumminerale, wie Spodumen, Petalit, Lepidolith oder Amblygonit, sind weitgehend an Pegmatite alter Kratone gebunden und treten in Gneis- und Granitgebieten als „Greisenmineralisation“ auf. Sie sind als Produkt einer pegmatitisch-pneumatolytischen Vererzungsphase aufzufassen.

Lithium wird auch in hydrothermalen Seltenerdkarbonatgesteinen angereichert.

Im exogenen Kreislauf weisen viele „Hot brines“ (vulkanogene, thermale Solwässer) hohe Lithium-Konzentration (0,02 bis 0,2%) auf und werden zur Li-Gewinnung genutzt. Ihre Lithiumführung ist auf die hohe Löslichkeit dieses Elements bei der Reaktion lithiumführender Gesteine mit zirkulierenden heißen Wässern zurückzuführen. Formationswässer aus Erdölfeldern weisen mitunter Li-Konzentrationen auf. Lokal erweisen sich tonige Ablagerungen als lithiumführend. Im Gegensatz zu den Pegmatiten oder Hot brines ist deren Bedeutung jedoch gering.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada sind fünf Lithiumvorkommen bekannt, von denen das bedeutendste im Val d'Or-Amos Gebiet/Quebec liegt. Die weiteren Vorkommen – vorwiegend an Pegmatite gebunden – liegen in Ontario (Nipigon-District), Manitoba (Winnipeg-River-District), den Northwest Territories (Yellowknife-Beaujieu) sowie im Revelstoke-District in British Columbia.

Die Vereinigten Staaten von Amerika sind die wichtigsten Lithiumproduzenten der Erde. Bedeutende Vorkommen von Lithiummineralen sind in North Carolina (Kings-Mountain, Bessemer City) bekannt. Hier werden tiefgreifende Pegmatitgänge im Tagbau beschürft. Kleinere Vorkommen sind in South-Dakota (Black Hills) bekannt. Aus heißen Quellen wird Lithium in Nevada (Clayton Valley) gewonnen. Die Formationswässer etlicher Öllagerstätten in Arkansas zeichnen sich durch hohe Lithiumgehalte aus. Aus der Förderung heißer Quellen Kaliforniens (Searles Lake, Trona usw.) sind noch bedeutende Mengen an Lithium zu erwarten.

Mittel- und Südamerika: Obwohl Südamerika einen großen Anteil am kristallinen Grundgebirge aufweist, sind Lithiumvorkommen nur sporadisch bekannt. Diese liegen vor allem in Pegmatiten Brasiliens (Seridózinho/Paraíba, Alto Boqueirão/Rio Grande do Norte). Geringe Mengen an Lithium stammen aus Gruben Argentiniens. In Chile (Salar de Atacama) führt eine Kaliumquelle etwa 0,1% Lithium (weltgrößte Reserven!).

Afrika: Der in Zimbabwe-Rhodesien liegende Bikita Pegmatit wird im Tagbau und Stollenbau u. a. auf Lepidolith und Pollucit beschürft. Nördlich von Wankie ist bei Kamativi ebenfalls ein Spodumen-, Beryll- und Zinnerze führender Pegmatit bekannt (zur Zeit jedoch

keine Li-Gewinnung). Große Reserven an Lithiumerzen (Spodumen) sind in Zaire (Kittolo und Manono) angegeben worden. Darüber hinaus sind zahlreiche Vorkommen in Namibia (Karibib), Rwanda, Uganda, der Republik Südafrika, dem Sudan, der Elfenbeinküste, Mali und Madagaskar bekannt.

Australien: Lithium-Minerale gibt es vor allem im Westteil des Kontinents um Londonderry (bei Coolgarde); sie wurden bis 1974 abgebaut.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion führen Pegmatite und vergreiste Granite auf der Halbinsel Kola, in Sibirien sowie im Altai bedeutende Mengen an Li-Erzen. Auch in der Volksrepublik China (Tsaidam-Depression), Indien, Korea und Japan sind vielerorts Lithium-Mineralvorkommen bekannt.

Europa: Lithiumerze wurden vorwiegend aus dem Varuträsk-Pegmatit Schwedens gewonnen (Lepidolith, Petalit, Spodumen usw.). Li-Erz wird auch aus dem Langesund-Fjord in Norwegen abgebaut. Im Erzgebirge (Deutsche Demokratische Republik) sind, ebenso wie im französischen Zentralplateau, Portugal (Magualde) und Spanien (Caceres) lithiumführende Pegmatitkörper bekannt. In Irland (County Carlow) liegen offenbar bedeutende Mengen an Lithiumerzen.

Österreich: Lithiumminerale sind in mehreren Pegmatitkörpern der Ostalpen bekannt, so z. B. im Raum Spittal/Drau. Auch die Pegmatite der Umgebung von St. Radegund bei Graz und der Koralpe führen örtlich Lithiumminerale. Die Formationswässer der niederösterreichischen Ölfelder enthalten Spuren von Lithium.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für weitere Lithiumlagerstätten sind die Pegmatitprovinzen Alter Schilde der Erde. „Hot Brines“, welche in der Nähe von Evaporitlagerstätten liegen, sind als häufig zu bezeichnen (Kalifornien, Chile). Die Formationswässer von Erdöllagerstätten können beachtliche Mengen an Li führen.

Lithium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in short tons Reservenbasis
USA	400 000
Australien	25 000
Kanada	200 000
Chile	1 000 000
Zimbabwe-Rhodesien	60 000
Zaire	200 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	5 000
Länder mit freier Marktwirtschaft – Gesamt (gerundet)	1 900 000

Substitution:

In den meisten Anwendungszwecken, wie etwa in der Nukleartechnik der Medizin, aber auch bei der Erzeugung von Spezialgläsern, ist Lithium nicht ersetzbar.

Lutetium: siehe Seltene Erden

Magnesium

Magnesium ist ein silberweißes, weiches, korrosionsempfindliches Metall, dessen Schmelzpunkt bei 651° C liegt.

Infolge seiner Eigenschaften spielt reines Magnesium in der Technik nur eine untergeordnete Rolle, es wird u. a. in der Pyrotechnik bei der Herstellung von Leuchtsätzen und Fackeln, des weiteren in der Metallurgie bei der Desoxidation und Entschwefelung von Metallen verwendet. Hauptverwendungsgebiet ist die Erzeugung von Legierungen, wie Gußlegierungen auf der Basis von Magnesium-Aluminium-Zink und von Knetlegierungen.

Kaustisch gebrannter Magnesit dient in Verbindung mit Magnesiumchlorid zur Herstellung von Heraklit-Fußböden, künstlichem Marmor usw. Sintermagnesit wird zur Erzeugung hochfeuerfester Stampfmassen und Magnesitsteine verwendet.

Kaustisch gebrannter Magnesit soll einen SiO₂-Gehalt von maximal 3%, einen CaO-Gehalt von maximal 3% und einen Fe₂O₃-Gehalt kleiner als 1% aufweisen. Spatmagnesit für Sinterzwecke darf höchstens 5% CaO, 11% Fe₂O₃, 2% Al₂O₃ und 6% SiO₂ beinhalten.

Von großer Bedeutung für die Industrie sind die Salze des Magnesiums (siehe Evaporite).

In den Handel gelangt metallisches Magnesium in einer Reinheit von 99,8% bis 99,95% sowie Magnesit in gebrannter oder kalzinierteter Form.

Minerale

Magnesit	<chem>MgCO3</chem>
Dolomit	<chem>CaMg[CO3]2</chem>

	in short tons Bergbau- produktion
USA	vertraulich
Argentinien	10
Brasilien	60
Volksrepublik China	300
Portugal	6
Afrika	200
UdSSR	1 300
Welt – Gesamt (gerundet)	nicht erhebbar

<i>Brucit</i>	$Mg(OH)_2$
<i>Olivin</i>	$(Fe,Mg)_2[SiO_4]$
<i>Carnallit</i>	$KMgCl_3 \cdot 6H_2O$

Lagerstättenkundliche Stellung

Magnesium ist das achthäufigste Element in der Erdkruste und ist naturgemäß in zahlreichen Verbindungen oxidischer, karbonatischer und silikatischer Form vertreten. Magnesium wird sowohl aus Lagerstätten fester Rohstoffe (Magnesit, Dolomit, Brucit und Olivin) als auch aus Meerwasser und Solen gewonnen.

Wichtigstes Magnesiummineral ist der Magnesit. Er tritt in der Natur vorwiegend als Spat- (Pinolithmagnesit) und als Gel- (kryptokristalliner) Magnesit in Erscheinung. Während Spatmagnesite sowohl hydrothermal epigenetisch als auch syngenetisch sedimentär entstehen können, sind Gelmagnesite meist durch hydrothermale Umsetzung von Ultrabasiten und Basiten unter CO_2 -Zufuhr zu deuten („Serpentinmagnesit“). Magnesite, welche sedimentär unter hypersalinaren Bedingungen entstanden sind, sind relativ selten. Direkt aus Ultrabasiten (Olivinen usw.) sowie aus Brucit kann Magnesium ebenfalls gewonnen werden. Die Bedeutung derartiger Lagerstätten ist jedoch gering. Aus hochkonzentrierten Lösungen ist die Entstehung an sich hochwertiger Salinarmagnesite möglich (Sonderfall!).

Der Gewinnung von MgO aus dem Meerwasser kommt heute eine überragende Rolle zu, weil das magnesiumführende Meerwasser in unbegrenzter Menge zur Verfügung steht.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Eine bescheidene Magnesitgewinnung erfolgt in Kanada. Aus hochreinen Dolomiten wird in Haley/Ontario Magnesium angereichert. In Quebec wird Magnesit und magnesiumreicher Dolomit abgebaut (Kilmar). In Kanada wird darüber hinaus versucht, MgO aus Asbest zu gewinnen. Eigentliche Magnesitlagerstätten sind in den Vereinigten Staaten von Amerika (größter Verbraucher!) überraschenderweise selten. In Kern County/Kalifornien wechseltlagern Tone mit Magnesit. In Paradise Range/Nevada liegen Brucit- und Hydromagnesitlagerstätten. In North Carolina und Washington sind örtlich Magnesit- und Olivinkörper bekannt. Dolomit als Rohstoffträger ist aber in ganz Nordamerika reichlich vorhanden. Die Hauptmenge an Magnesiumoxid wird jedoch aus dem Meerwasser gewonnen (Kalifornien, Delaware, Florida, Mississippi, New Jersey und Texas). Aus hochmineralisierten „Brines“ wird Magnesiumoxid in Utah extrahiert.

Mittel- und Südamerika: Lediglich Brasilien (Brumado/Bahia) und Mexiko weisen eine bescheidene Magnesitproduktion auf.

Afrika: Größere Mengen Gelmagnesits stammen aus der Republik Südafrika (Transvaal, Sibasa-District, Messina-District sowie zahlreichen kleineren Vorkommen). Auch in Zimbabwe-Rhodesien sind Magnesitla-

gerstätten bekannt. In Ägypten soll aus den hochmineralisierten Wässern des Lake Qarum MgO gewonnen werden.

Australien: Die Förderung von Magnesit ist derzeit noch gering. Bekannt sind Vorkommen in New Southwales bei Young und Trundle. Ein Magnesitkörper bei Renthorpe (Western Australia) ist im Stadium der Erschließung.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In Asien liegen die größten Spatmagnesitlagerstätten der Erde.

Großlagerstätten an Spatmagnesit befinden sich in der Sowjetunion im Mittel- und Südural (Satka/Tscheljabinsk). Auch in der Mandschurei sind Spatmagnesitlagerstätten bekannt. Gelmagnesit wird in Orsk abgebaut.

Bedeutende Bergbaue liegen in Nordkorea (größter Produzent!) im Bereich von Yongyang/South Hamgyong. In Indien bestehen Magnesitlagerstätten bei Salem in Tamil Nadu und Almora in Uttar Pradesh. Dichter Magnesit ist in Mysore bekannt. Geringe Mengen an Magnesit werden in Pakistan gewonnen. Neuerdings werden auch wieder die nepalesischen Magnesitlagerstätten von Kharidhunga bebaut.

In der Volksrepublik China werden Magnesitlagerstätten (Dashichiao/Liaoning) beschürft, darüber hinaus MgO aus dem Meerwasser gewonnen.

In der Türkei werden größtenteils an Ultrabasite gebundene Gelmagnesite bei Eskisehir, Konya (jedoch geringe Qualität!), Denezlih, Sovas, Erzincan, Kutahya, Mugla und Bursa bebaut. In Israel werden aus den hochmineralisierten Wässern des Toten Meeres große Mengen an MgO gewonnen.

Europa: Wirtschaftlich bedeutende Vorkommen an Spatmagnesiten liegen in den spanischen Pyrenäen (Eugui, Asturias) usw. Die griechischen Gelmagnesit-Lagerstätten von Euböa sind an umgewandelte Grüngesteine gebunden (Limni, Kymnesse); weitere Vorkommen von vorwiegend an Grüngesteine gebundenen Gelmagnesiten sind auf der Halbinsel Chalkidiki und auf der Insel Lesbos bekannt. Darüber hinaus ist beabsichtigt, auf Euböa eine Anlage zur Gewinnung von MgO aus Meerwasser und Dolomit zu errichten.

Viele der jugoslawischen Gelmagnesite sind durch Zersetzung von Grüngesteinskörpern (Serpentininen) entstanden (Goles, Zlatibor-Massiv). Die Magnesite vom Typ Bela Stena sind umgelagerte, relativ hochwertige Gelmagnesite, welche in tertiären Sedimenten schichtig eingelagert sind. Bei Kladanj (Bosnien) wurde kürzlich eine neue Magnesitlagerstätte erschlossen.

In der Tschechoslowakei sind zahlreiche Spatmagnesitkörper im Slowakischen Erzgebirge bekannt (Zvolen, Jelsava, Kosičke). In Polen wird Magnesit in den Sudeten bei Sobotka, Wiry und Zabkowice gefördert. Rumänien verfügt über eine Magnesitlagerstätte bei Tisovita.

In Irland wird bei Dungarvan MgO aus Meerwasser und Dolomiten gewonnen.

Österreich: Die Magnesitproduktion Österreichs ist weltwirtschaftlich bedeutend (rund 15% der Weltproduktion!).

Die Spatmagnesite, wahrscheinlich sedimentär angelegt, bevorzugen Karbonatgesteine des Unterkarbons der Veitscher Decke der Grauwackenzone (Eichberg am Semmering, Veitsch, Oberdorf/Laming, Sunk bei Trieben). Im Altpaläozoikum der westlichen Grauwackenzone liegen zahlreiche kleinere Magnesitlinsen im Bereich von Kitzbühel. Vom gleichen Typ ist die Spatmagnesitlagerstätte von Tux-Lanersbach. Im Grazer Paläozoikum befindet sich die bedeutende Spatmagnesitlagerstätte Breitenau. Im Kristallin der Millstätter Alpe liegt die Magnesitlagerstätte von Radenthein. Gelmagnesite (kryptokristalline oder dichte Magnesite) sind im Bereich des Kraubather Ultramafitstocks zu finden. Die Vorkommen von salinarem Magnesit vom Typ Hall in Tirol bzw. Grundlsee sind wirtschaftlich völlig bedeutungslos.

Hoffnungsgebiete

Neufunde von wirtschaftlich nutzbaren Magnesitlagerstätten sind in Orogenzonen und Ultrabasisatkörpern durchaus zu erwarten. (Ural, Kaukasus, Alpen-Karpatenbogen, Dinariden usw.). Die zur Herstellung von MgO benötigten Dolomite sind an sich weltweit verbreitet. Möglicherweise wird MgO in Zukunft vermehrt auch direkt aus ultrabasischen Gesteinen durch naßmetallurgische Verfahren gewonnen werden (Energiefrage!). Das im Meerwasser gelöste Mg²⁺ steht in uneingeschränkter Menge zur Verfügung.

Magnesium-(Magnesit-)Welt-Bergbaoproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in 1 000 short tons	Reserven- basis
		Magnesit	Meerwasser- MgO
USA	vertraulich	10 000	
Australien	10	95 000	
Österreich	500	15 000	
Brasilien	60	150 000	
Kanada	—	30 000	
China	310	820 000	Die Reserven an MgO aus Meerwas-
ČSSR	310	20 000	s-er sind unab-
Griechenland	250	30 000	schätzbar
Indien	140	30 000	
Korea	500	490 000	
Türkei	170	10 000	
UdSSR	600	720 000	
Jugoslawien	100	5 000	
Andere	170	360 000	
Welt – Gesamt (gerundet)		3 010 ¹⁾	2 785 000

¹⁾ Außer USA.

Substitution

Bei der Herstellung von Legierungen kann Magnesium teilweise durch Aluminium oder Zink ersetzt werden. In Feuerfeststoffen können Aluminium- und Siliziumverbindungen an die Stelle von Magnesiumverbindungen treten.

Mangan

Mangan ist ein stahlweißes bis silberweißes, sehr sprödes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 1244°C liegt.

In der Metallurgie wird Mangan zur Desoxidation und Entschwefelung von Eisen, Stahl (in Form von Ferromangan und Spiegeleisen), Nickel- und Kupferschmelzen verwendet.

Mangan ist ein typisches Legierungsmittel. Als Zusatz zu Stählen erhöht es deren Zugfestigkeit, Einhärttiefe und Korrosionsbeständigkeit. Nichteisenlegierungen verleiht Mangan ebenfalls vorteilhafte Eigenschaften. Es erhöht die mechanische Festigkeit von Kupfer, Nickel und Bronzen. Magnesium- und Aluminiumlegierungen werden durch Zusatz von Mangan korrosionsbeständiger.

Neben der Stahl- und Nichteisenmetallindustrie bedienen sich auch andere Bereiche der Technik des Mangans. Große Mengen von Mangandioxid werden von der keramischen Industrie als Pigment für dunkelbraune bis schwarze Farben, von der Glasindustrie zur Färbung (violett, braun, schwarz) und Entfärbung von Glas verbraucht.

In der elektrotechnischen Industrie wird Mangan zur Herstellung von Schweißelektroden und Pyrolusit (Manganoxid) zur Herstellung von Trockenbatterien verwendet. Die chemische Industrie verbraucht Mangan bei der Herstellung verschiedener Chemikalien.

Mangan kommt in Form von Stahleisen mit 4–5% Mn, Spiegeleisen mit 4–5% Mn, Ferromangan mit 78% Mn und 0,05 bis 2,0% C, Ferrosiliziummangan mit 14 bis 20 bzw. 20 bis 25% Si und in Form seiner Erze in den Handel. Bei den Erzen ist unter metallurgischen Erzen (40 bis 50% Mn), chemischen Erzen (mehr als 52% Mn) und Batterieerzen (mehr als 70% Mn) zu unterscheiden.

Minerale

Hausmannit	Mn ₃ O ₄
Braunit	3Mn ₂ O ₃ ·MnSiO ₃
Pyrolusit	β-MnO ₂
Psilomelan	(Ba,H ₂ O)Mn ₅ O ₁₀
Ramsdellit	γ-MnO ₂
Manganit	MnOOH
Rhodochrosit	MnCO ₃
Rhodonit	CaMn ₄ [Si ₅ O ₁₅]

Lagerstättenkundliche Stellung

Mangan ist in der Erdkruste ein häufiges Element und daher in nahezu allen Gesteinen nachzuweisen. Entsprechend der Vielzahl von Manganmineralen sind auch zahlreiche Lagerstättentypen bekannt, von denen nur die wichtigsten angeführt werden sollen: Mangan reichert sich vorwiegend im sedimentären (marinen) Kreislauf an, weshalb sedimentäre Lagerstätten des detritischen Milieus am häufigsten auftreten. Eine wichtige Rohstoffquelle für Mangan stellen auch die itabiritischen und jaspilitischen Bändereisenerze des Präkambriums dar. In kalkigen Sedimenten können schichtige Mangananreicherungen (primär oder sekundär) beobachtet werden. Ein geringer Teil der Manganvererzungen ist auf vulkanogen-sedimentäre Vorgänge zurückzuführen (z. B. Diabas-Hornstein-Formation!). Hydrothermale Gänge von Manganerzen sind ausgesprochen selten. Aus manganhaltigen sandig-tonigen, jedoch karbonatfreien Sedimenten sind durch Metamorphose die „Gondite“ entstanden; metamorph überprägte, mit Karbonaten verwachsene Manganerze werden als „Queluzite“ bezeichnet. Durch Kontaktmetamorphose manganführender Gesteine gingen schließlich die „Kodurite“ hervor.

Im Zuge der lateritischen Verwitterung an sich manganarmer Primärgesteine können Lagerstätten hochwertiger Manganerze großer Dimension entstehen. Oxidische Manganvererzungen sind aus nahezu allen geologischen Epochen bekannt. Marine Mangananreicherungen in rezenter Zeit („Manganknollen“) im Pazifik, Atlantik und Indischen Ozean werden möglicherweise in Zukunft Ziel von Gewinnungsaktivitäten sein. Diese Manganknollen sind darüber hinaus eine wertvolle Rohstoffquelle für Kobalt, Nickel und andere seltene Elemente. Auch die Schlämme der bekannten rezenten Lagerstätten des Roten Meeres (Atlantis-Tief) sind äußerst reich an Mangan.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada sind derzeit keine wirtschaftlichen Manganvererzungen nachgewiesen. In den Vereinigten Staaten von Amerika sind die Vorräte an Mangan weitgehend erschöpft. Die ehemals bedeutenden Lagerstätten von Arkansas lagen in Residualtönen. In Butte und Philipsburg/Montana wurden hydrothermal gebildete Rhodochrosite abgebaut, während in der Coast Range/Kalifornien und in Aroostock County/Maine vulkanogen sedimentär angereicherte Manganerze gewonnen wurden. In New Jersey liegen die Manganerzlagerstätten von Franklin. Größere Mengen an Manganerzen wurden in Minnesota (Cuyuna Range, Algoma Zeno/Lauretta-Mine, Mangan-No-1-Mine) gewonnen. Geringere Mengen stammten aus South Carolina (Cherokee County/Kings Mountain Area) und New Mexiko. Obgleich noch eine große Zahl kleinerer Manganerzvorkommen bekannt ist, ist eine vollständige Importabhängigkeit gegeben (Brasilien, Australien, Gabun).

Mittel- und Südamerika: Bedeutende Mengen an vorwiegend metamorphen Manganerzen liegen in Brasilien: in Morro do Urucum jaspilitische Manganerze, in Amapa Gondite und Queluzite (Sierra do Navio 1,2 Mio t!), die aber oft schwer aufzubereiten sind. Neue Vorkommen von Manganerzen sind in Rio Contingo im Stadium der Erschließung. Karbonatisch-silikatische Manganerze („Queluzite“) liegen darüber hinaus in Lafaiete, hochwertige Reicherze bei Sao Juliao. In Mexiko gibt es zahlreiche kleinere Manganlagerstätten im Revier Cadela/Chihuahua. Bei Molango/Hidalgo liegen etwa 13 Mio t Manganspat. In Argentinien bestehen Manganlagerstätten bei Puna, Sierra del Norte, Sierra Pintada, Los Menucos und Farallon Negro. Zahlreiche Mn-Erzlagerstätten sind in den kubanischen Provinzen Oriente (Bulyeito-Baire-Revier, San-Louis-Signa-Revier), Pinar del Rio und Las Villas bekannt. In British Guyana liegen hochwertige Manganerze bei Mathews Ridge. Chile verfügt über Manganerzlagerstätten in der Provinz Coquimbo.

Afrika: Die weltgrößten Reserven hochwertiger metamorpher Manganerze, welche flözartig im präkambrischen Nebengestein eingelagert sind und vorwiegend im Tagbau gewonnen werden, liegen in der Republik Südafrika (Postmasburg, Sishen, Kuruman, Hotazel, Mamatwan, Lohathla, Middelplaats). Namibia verfügt über gonditische Manganvererzungen bei Otjosundu. Gonditische Lagerstätten liegen darüber hinaus auf Madagaskar. Wirtschaftlich bedeutende Manganlagerstätten existieren in Ghana bei N'suta und Tarkwa (Gondite). In Gabun werden im Tagbau mächtige präkambrische Manganerzlager in Moanda und Francerville abgebaut. Durch lateritische Verwitterung angereicherte Manganerze werden in Zaire in der Provinz Shaba (Kisenge) beschürft. Hochwertige Manganerze werden in Angola bei Quicuine abgebaut. In Sambia liegen zahlreiche kleine Manganerzlagerstätten (Mansa, Kampumba). In der Rep. Elfenbeinküste sind mehrere Manganerzlagerstätten (Boundougou, Grand Lahou, Dassounble, Mbouesso, Ziemougoula), in Liberia um Mount Dorthrow vorhanden.

In Ober volta liegen bei Tambao etwa 10 Mio t Verwitterungserze, bei Tiere gonditische Lagerstätten. Ähnliche Lagerstätten sind in Mali bei Asongo bekannt.

In Marokko bestehen Manganerzlagerstätten bei Imini (vulkano-sedimentär) und Bou Arfa (sedimentär). Bei Tiouine werden gang- und lagerförmige Manganvererzungen abgebaut. Manganerze liegen auch in Ägypten auf der Halbinsel Sinai, werden jedoch seit 1967 nicht mehr abgebaut.

Australien: In Australien existieren zahlreiche Manganlagerstätten, von denen vor allem jene von Groote Eylandt (Northern Territory) bedeutend ist (490 Mio t Reserven!). Diese flözartig angeordneten Manganerze bester Qualität werden im Tagbau gewonnen. Seit der Entdeckung dieser Lagerstätte sinkt die Bedeutung anderer Lagerstätten, wie Mount Sidney, Mount

Fraser, Nimmingarra, Horseshoe, Woodie-Woodie u. a. (Western Australia), zusehends.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die derzeit weltgrößte Produktion an Manganerzen stammt aus der Sowjetunion (mit der Republik Südafrika über 60% der Weltproduktion!), wo marin-sedimentär angelegte Großlagerstätten in Nikopol (Südkraine), Tschiatura (Grusinien), Bolsche-Tokmak und Ursinsk abgebaut werden. Kleinere, dennoch bedeutende Manganerzvorkommen liegen in Mittelsibirien (Krasnojarsk), in Kasachstan (Manganez, Jezdinsk, Ulutau, Atasuk) sowie östlich des Kaspischen Meeres (Mangyschlak). Im Ural sind weitere Manganvererzungen, u. a. bei Polunotschnoje, bekannt.

In Indien sind gonditische, koduritische, queluzitische und lateritische Lagerstätten in Madhya Pradesh (Balaghat Chindwara), Maharashtra (Bhandara, Nagpur), Andhra Pradesh, Bihar und Orissa (Singbum), Karnataka (Sandur) und Gujarat vorhanden. Zahlreiche kleine Manganerzlagerstätten der Philippinen fördern durchaus beachtenswerte Mengen an Erz. In der Volksrepublik China liegen zahlreiche Manganerzlagerstätten, wenngleich diese zum Teil auch arm und phosphorführend sind. Die wichtigsten sind Shao-hanchang (westlich Xiangtau)/Hunan; Mugui, Wuxuan, Laipin/Kwangsi; Zhunuyi, Guizhou, Chin Hsien Hsien und Fancheng/Kwangtung; Chung-puchia/Kiangsi sowie Chienchi und Wafangtsu/Liaoning. Japan verfügt über Manganerzlagerstätten im Südwesten Hokkaidos (Jokuku). Verschiedene Manganerzqualitäten werden auch in Thailand (Chiang Mai, Lamphun u. a. o.) gewonnen.

In Westanatolien (Türkei) wurden bei Manisa neue, bedeutende Vorkommen entdeckt.

Europa: Europa ist relativ arm an großen, wirtschaftlichen Manganerzvorkommen. In Ungarn sind Manganerzlagerstätten im Bakonywald bei Urkut bekannt. Diese an sich minderwertigen Erze können lediglich den eigenen Bedarf decken. In Bulgarien werden Manganerze aus Kleinlagerstätten bei Varna und Sofia gefördert. In Rumänien sind Manganvererzungen bei Vatra-Dornei bekannt.

Geringe Mengen minderer Erzqualität stammen aus der italienischen Grube von Gambatesa. Die jugoslawischen Kleinlagerstätten der Diabas-Hornsteinformation bei Sarajevo können den eigenen Bedarf bei weitem nicht mehr decken. Bei Pristina wurden bedeutende Manganvererzungen gefunden. Der Manganerzbergbau von Bosanska Krupa (Bosnien-Herzegowina) soll erheblich erweitert werden.

In Drama und auf der Halbinsel Peloponnes in Griechenland sind schlauchförmige Pyrolusitvererzungen bekannt. In der Bundesrepublik Deutschland wurden die Manganerzlagerstätten bei Gießen und Wetzlar erst kürzlich geschlossen. Geringe Mengen werden hingegen tagbaumäßig in der Grube Schottenbach bei Weinbach-Gräveneck abgebaut.

Manganerze sind auch in Spanien im Huelva-District (Rio Tinto) Ziel von Gewinnungsarbeiten.

Österreich: Obwohl Österreich über eine Reihe von kleinen Manganerzvorkommen verfügt, sind derzeit keine bauwürdigen Lagerstätten bekannt. Die Manganerzvorkommen sind über das ganze Bundesgebiet verstreut und liegen in den verschiedensten stratigraphischen Niveaus. Die bekanntesten Vorkommen liegen in der Nördlichen Grauwackenze (Veitsch/Friedlkogel, Kaskogel, Turnaueralm), den Nördlichen Kalkalpen (Lammertal, Loferer und Leoganger Steinberge, Röthelstein bei Bad Aussee sowie im Arlberggebiet).

Daneben existieren viele kleine Vorkommen im zentralalpinen Kristallin, dem Penninikum und den Karnischen Alpen.

Hoffnungsgebiete

Potentielle Manganreserven stellen die sedimentär angelegten Bändereisenerzlagerstätten auf den Alten Schilden der Erde dar. Bedeutende Mengen an Mangan könnten, sofern eine wirtschaftliche Gewinnung möglich ist, vom Meeresboden aus Mn-Knollen gewonnen werden. Dort lagern nach neuesten Schätzungen etwa 3 Mrd t Erze, welche durchschnittlich 25 bis 29% Mn, 1,15 bis 1,45% Ni, 0,85 bis 1,35% Cu und 0,1 bis 0,25% Co beinhalten.

Mangan-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 short tons	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	—	—	—
Australien	1 400	330 000	
Brasilien	1 200	95 000	
Gabun	2 000	165 000	
Indien	1 800	65 000	
Republik Südafrika	5 000	2 200 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1 600	59 000	
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	11 000	3 000 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	24 000	6 000 000	

Substitution

In seinen Hauptverwendungszwecken ist Mangan kaum substituierbar.

Molybdän

Molybdän ist ein hartes, sprödes, silberweißes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 2 610°C liegt.

Molybdän wird in erster Linie als Legierungsmetall für Gußeisen, Stahl und Nichteisenmetalle verwendet, dies allein oder zusammen mit Chrom, Nickel, Vanadium, Wolfram, Mangan, Kobalt usw. Dem Gußeisen zulegert verbessert Molybdän dessen mechanische Eigenschaften, wie Festigkeit und Zähigkeit. Molybdänstähle

werden zur Herstellung von Hochdruckgefäßen, Prägestempeln, Magneten, Federn usw. verwendet. Molybdän dient auch zur Herstellung von hochwärmefesten Superlegierungen.

Bedeutende Verbraucher für metallisches Molybdän, das sich vor allem durch den hohen Schmelzpunkt auszeichnet, sind die Elektro- und die elektronische Industrie, die Glasindustrie, der Industrieofenbau, die Raumfahrt und Verkehrstechnik.

Neben dem metallischen Molybdän werden in der Industrie Ferromolybdän, Molybdänoxide, Kalzium-, Natrium-, Natrium-Phosphor-, Blei-, Barium- und Ammonmolybdate und Molybdändisulfid eingesetzt. Bei vielen Prozessen der organischen Chemie wird Molybdänoxid als Katalysator verwendet. Molybdändisulfid ist, sofern eine Oxidation ausgeschlossen werden kann, dem Grafit als Schmiermittel überlegen.

Bei der Hartmetallherstellung dient Molybdän sowohl als Hauptbestandteil als auch als Bindemittel.

In den Handel gelangen Molybdänglanzkonzentrate mit 85% Mo, Molybdänoxid, Kalzium-, Natrium- und Ammonmolybdat sowie Ferromolybdän mit 65 bis 70% Mo. Die Preise richten sich jeweils nach dem Molybdängehalt. Der Preis für Molybdänmetall ist abhängig von der Reinheit des Metalls.

Minerale

Molybdänit (Molybdänglanz)	MoS ₂
Wulfenit	PbMoO ₄
Powellit	CaMoO ₄

Lagerstättenkundliche Stellung

Die bedeutendsten derzeit bekannten Molybdänerzlagenstätten sind an alkalibetonte, saure Plutonite gebunden, die weitgehend in jungen Orogenzonen liegen. Manche Lagerstätten vom Typ der Disseminated-Copper-Ores zeichnen sich durch eine beachtliche Molybdänführung aus. In solchen „Armerzlagerstätten“ wird das netzwerkartig auftretende Molybdänsulfid als wirtschaftliches Beiprodukt gewonnen.

Bauwürdige Molybdänerzanreicherungen sind auch auf bestimmte Granodioritintrusionen zurückzuführen. Quarzgänge können mitunter beträchtliche Mengen an Molybdänerzen führen. Pegmatite sind gelegentlich als Molybdänerzträger bekannt. Im Scheelitegitter kann Mo⁶⁺ das W⁶⁺ ersetzen (Powellit), weshalb Scheelite-Lagerstätten auch als potentielle Molybdänerzlagenstätten angesehen werden dürfen. Demgegenüber sind reine Molybdänanreicherungen im sedimentären Zyklus äußerst selten und ohne wirtschaftliche Bedeutung.

Im Bereich von Oxidationszonen von Blei-Zink-Erzlagerstätten, die in Karbonatgesteinen liegen, sind Wulfenitanreicherungen zu finden, welche örtlich von wirtschaftlicher Bedeutung sein können.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada werden Molybdänerze aus Pegmatiten in Val d'Or und Preissac/Quebec gewonnen. Viele porphyrische Kupfererzlagenstätten in British Columbia enthalten beträchtliche Mengen an Molybdän (Adanac Ruby Creek 104 Mio t Reserven). Kluff- und netzförmig auftretende Molybdänerze werden in Endako und Brenda/British Columbia in großem Umfang abgebaut. Die Highmont Cu-Mo-Erzlagerstätte in British Columbia steht knapp vor der Produktionsaufnahme. Auch die Wo-Mo-Erzlagerstätte von Mount Pleasant soll in Kürze Erze liefern.

Die größten Molybdänerzlagenstätten und Bergbaue der Erde liegen in den Vereinigten Staaten von Amerika im Staate Colorado (Climax, Henderson). Diese stockförmigen Netzwerkvererzungen sind auf tertiäre Granodioritintrusionen zurückzuführen. Auch die Lagerstätte von Questa (New Mexico) ist auf diese Weise entstanden. Bedeutende Mengen an Mo fallen in den zahlreichen porphyrischen Kupfererzlagenstätten (Bingham/Utah, Arizona u. a. o.) als Beiprodukt an. In der Scheelite-Lagerstätte von Pine Creek bei Bishop/Kalifornien wird u. a. Powellit gewonnen. Molybdän wird darüber hinaus als Beiprodukt der Uranerzaufbereitung der Ambrosia Lake Corp. extrahiert. Die Untersuchung weiterer Molybdänerzvorkommen wird intensiv fortgeführt, wie z. B. im Bereich von Mount Emmons bei Crested Butte, Gunnison County/Colorado, Mount Tolman/Washington und Quartz Hill/Alaska. Letztere Lagerstätte, die etwa 1,3 Mrd t an Molybdänerzen beinhaltet soll, liegt jedoch in einem 1978 neu geschaffenen National Monument. In Arizona wurden die Mo-führenden Kupfererzlagenstätten Esperanza und Pime-Mine nach längerem Stillstand im Jahre 1979 wieder geöffnet.

Mittel- und Südamerika: In den chilenischen porphyrischen Kupfererzlagenstätten fallen beträchtliche Mengen an Molybdän an (Cuquicamata, Potrerillos, El Salvador, El Teniente und Rio Blanco). Auch die peruanischen Kupfererzvorkommen sind eine wichtige Quelle von Molybdänerzen. Mo wird darüber hinaus aus Lagerstätten Panamas und Argentiniens gewonnen. Eine Mo-Cu-Erzlagerstätte wird zur Zeit in Kolumbien bei Mocoa exploriert. In Mexiko wird Mo aus den Kupfererzlagenstätten von Cananea und La Caridad gewonnen.

Afrika: Afrika als Alter Schild ist arm an Molybdänerzen. Das einzige bedeutende Vorkommen liegt in Marokko, wo in der Lagerstätte von Azegour an Skarne gebundene Molybdänerze gemeinsam mit Kupfererzen abgebaut werden.

Australien: Die australischen Molybdänerzvorkommen sind weltwirtschaftlich nahezu bedeutungslos. Erwähnenswert ist lediglich das in der Lagerstätte von Chillagoe-Herberton beibrechende Molybdänerz.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Bedeutende Molybdänerzlagerstätten liegen in der Sowjetunion. Die Hauptproduktion erfolgt zum Großteil aus porphyrischen Kupfererzlagerstätten Armeniens, Kasachstans und Sibiriens. Wolfram- und Molybdänerze werden in Tyrny Auz (Nordkaukasus) und Tschitta (Burjatische Republik) abgebaut. Lagerstätten in Armenien (Zangezur) werden zur Zeit intensiv exploriert. In der Mongolei werden bei Erdenet 16 Mio t jato Molybdänerz abgebaut. In der Volksrepublik China liegen Molybdänerzlagerstätten in den Provinzen Jilin und Shansi sowie in Hunan. Aus der Lagerstätte Yangjiangtzu bei Zhingsi/Liaoning werden enorme Mengen an Molybdänerz gewonnen. Auch aus den Zinnerzlagerstätten von Kiangsi wird Mo als Beiproduct gewonnen. Von großer Bedeutung sind zweifelsohne die Kupfererzlagerstätten des Porphyrytyps, die bekanntlich Mo-Erze führen.

In Japan werden auf Honshu und Kyushu Molybdänerze abgebaut.

Europa: In präkambrischen, hochmetamorphen kristallinen Serien Norwegens liegen stratiforme Molybdänerzkörper um Knaben, Gursli, Flottorp-Vaardal, Ørsdalen, Sira, Avedal u. a.

In den Dinariden Jugoslawiens und dem Serbomazedonischen Massiv Griechenlands sind eine Reihe von kleinen Molybdänerzlagerstätten bekannt (Mačkatica, Xanthi, Axiopolis usw.). Sie sind heute jedoch ohne Bedeutung.

Österreich: In Österreich sind zahlreiche kleine bis kleinste Molybdänerzvorkommen bekannt. Das bedeutendste liegt im Olperergebiet (Alpeiner Scharte), wo Molybdänerze in Quarzgängen auftreten. Da Molybdän und Wolfram (im Scheelit) geochemisch oft gemeinsam auftreten, können auch ein Teil der Scheelitlagerstätten der Ostalpen (Felbertal usw.) als Molybdänträger angesehen werden.

Im Ostteil der Blei-Zink-Erzlagerstätte von Bleiberg-Kreuth sind im Bereich der Oxidationszone bisweilen Wulfenitanreicherungen bekannt. Auch in Blei-Zink-Erzlagerstätten der Nördlichen Kalkalpen ist gelegentlich Wulfenit gefunden worden.

Hoffnungsgebiete

Molybdänerzlagerstätten sind in den jungen, mobilen, von Granodioritintrusionen begleiteten Orogengürteln der Erde zu erwarten (Rocky Mountains, südamerikanische Kordilleren, Kaukasus, südostasiatische Inselbögen u. a. o.). Aus vielen Kupfererzlagerstätten des Porphyrytyps (Gebirgsketten Nord- und Südamerikas) kann Mo als wirtschaftliches Beiproduct gewonnen werden. Gelegentlich erweisen sich auch Scheelitlagerstätten als potentielle Molybdänquelle.

Molybdän-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	141 000	9 100 000
Kanada	20 000	1 100 000
Chile	30 000	5 400 000
Peru	1 800	500 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	1 500	600 000
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	22 500	2 000 000
Welt – Gesamt (gerundet)	216 000	18 700 000

Substitution

In den Hauptanwendungsbereichen bestehen nur geringe Substitutionsmöglichkeiten für Molybdän. Bei der Herstellung von Stahllegierungen können Chrom, Vanadium, Columbium und Bor Molybdän ersetzen, Vanadium insbesondere bei der Herstellung von Werkzeugstählen. Molybdänähnliche feuerfeste Metalle sind Vanadium und Tantal.

Montmorillonit: siehe Tone

Natrium

Natrium ist ein silber glänzendes, weißes, außerordentlich reaktionsfähiges Metall, dessen Schmelzpunkt bei 97,8 °C liegt.

Metallisches Natrium wird zur Herstellung von Natriumverbindungen wie etwa Natriumperoxid, Natriumcyanid, Natriumhydrat usw. verwendet. Umfangreich sind die Verwendungsmöglichkeiten in der organischen Industrie. Kleine Mengen werden als Trockenmittel von organischen Lösungsmitteln (Benzol, Äther), Transformatoren-Öl usw. verbraucht. Natriumlegierungen, wie etwa Natriumamalgam, finden in der Metallurgie, als Kühlmittel für Reaktoren und in der Elektrotechnik Verwendung. Ein großes Einsatzgebiet ist die Erzeugung von Antiklopfmitteln. Von größter Bedeutung für die Industrie sind die Verbindungen des Natriums.

Minerale, lagerstättenkundliche Stellung, regionale Verbreitung. Hoffnungsgebiete, Hoffnungsgebiete und Substitution: siehe Evaporite

Neodym: siehe Seltene Erden

Nickel

Nickel ist ein silberglänzendes Metall, das sich ähnlich wie Eisen polieren, schmieden, schweißen, zu Blech

walzen und zu Draht ziehen lässt und sich außerdem durch hohe chemische Widerstandsfähigkeit auszeichnet. Sein Schmelzpunkt liegt bei 1 453° C. Nickel ist ferromagnetisch, jedoch schwächer als Eisen.

Reinnickel wird infolge seiner Korrosions- und Hitzebeständigkeit im Apparatebau sowie in der chemischen und elektronischen Industrie verwendet. Vernickelungen dienen dem Korrosionsschutz.

Von großer Bedeutung sind die zahlreichen Legierungen des Nickels sowohl mit Eisen als auch mit anderen Metallen. Verwendet werden Nickel-Chrom-Legierungen, Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen, Nickel-Mangan-Legierungen, Nickel-Eisen-Legierungen sowie Nickel-Kupfer-Legierungen. Nickelhaltige Stähle zeichnen sich vor allem durch hohe Festigkeit bei tiefen Temperaturen aus. Der größte Teil der Nickelproduktion wird aus diesem Grunde zur Stahlveredlung verwendet.

Große Bedeutung haben auch Nickel-Cadmium-Akkumulatoren.

In den Handel gelangt Nickel in Form von:

Kathoden	> 99,9% Ni
Pellets	> 99,97% Ni
Pulver	99,74% Ni
Briketts	99,9% Ni
Rondells	99,25% Ni
Ferronickel	20–50% Ni
Nickeloxid	76,0% Ni

Daneben werden auch Nickelsalze angeboten.

Minerale

Pentlandit	(Fe,Ni) ₉ S ₈
Rotnickelkies	NiAs
Millerit	NiS
Bravoit	(Fe,Ni)S ₂
Gersdorffit	NiAsS
Ullmanit	NiSbS
Chloanthit	(Ni,Co)As ₃
Annabergit (Nickelblüte)	Ni ₃ [AsO ₄] ₂ ·8H ₂ O
Garnierit	(Ni,Mg) ₆ [(OH) ₆ /Si ₄ O ₁₀]

Lagerstättenkundliche Stellung

Die Erstanreicherung von Nickelerzen ist zumeist auf einen primären basischen bis ultrabasischen (zumeist präkambrischen) Magmatismus zurückzuführen. In palingenen, sialischen Magmen wird demgegenüber Ni kaum angereichert. In den Peridotiten, Duniten, Noriten kann sich Ni bereits im liquidmagmaatischen Stadium schlierig oder linsig durch (gravitatives) Absaigern im tieferen Bereich des Plutons ablagern. Sind derartige Magmen wasserreich, so bilden sich in den Kluftsystemen des Nebengesteins heißhydrothermale Ni-(Co-)Vererzungen. Auch polysulfidische Erzlager können aus geochemischen Gründen (hohe Affinität zum Schwefel) durchaus beachtenswerte Mengen an Ni führen. In den basischen bis ultrabasi-

schen Differenzierungsprodukten kann Ni²⁺ das Mg²⁺ und Fe²⁺ als isomorpher Bestandteil (vor allem im Olivinkörper!) ersetzen. Durch tiefgründige Verwitterung derartiger Gesteine können sich junge lateritische Nickelerzlagerstätten (-Konkretionen) oxidischer wie auch silikatischer Natur bilden. Aus geologisch-tektonischen Gründen sind die bauwürdigen sulfidischen Nickelvererzungen an die Alten Schilder der Erde gebunden, während die lateritischen Vererzungen auch in den Orogenzonen der Erde (vor allem in den Tropen!) angeordnet sind. Während die derzeit größte Förderung noch aus sulfidischen Vererzungen erfolgt, sind die größten Reserven in den Lateritlagerstätten zu suchen.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada liegt eine der größten Nickelerzkonzentrationen der Erde im Bereich des Kanadischen Schildes in Sudbury/Ontario. Lagerstätten ähnlichen Typs, wenn auch kleinerer Dimension, sind in Manitoba (Mainbridge, Lynn Lake, Thompson Nickel Belt), Quebec (Ungava usw.) und Alberta bekannt. (In Sudbury/Ontario und Mainbridge/Manitoba sind etwa 89 Mio t Erze nachgewiesen.) Nickel wird darüberhinaus auch in Timmins, Temagami, The Copper Cliff/Ontario, Lynn Lake, Thompson, Wabowden, Bird River/Manitoba sowie in British Columbia zum Teil als Beiproduct von Komplexerzen gefördert. Die Nickelförderung der Vereinigten Staaten ist derzeit recht bescheiden (Riddle/Oregon). Geringe Mengen an Ni liegen im Stillwater Complex/Montana. Weitere Vorkommen von Ni-Vererzungen liegen im Bereich des Glacier Bay National Monuments (Alaska). Die wirtschaftliche Gewinnung von Nickel aus Ultrabasiten (Duluth-Gabbro in Minnesota) sowie aus Bleierzen Missouris wird zur Zeit untersucht.

Mittel- und Südamerika: Die Lagerstätten von Mittel- und Südamerika sind vorwiegend silikatischer Natur und durch Verwitterungsanreicherung entstanden, wie jene der an den kubanischen Ultrabasitgürtel gebundenen Vorkommen in den Provinzen Oriente und Pinar del Rio, die brasilianischen (Livramento, Itapetinga, San Jose do Tocantins) sowie die zahlreichen lateritischen Kleinvorkommen in Venezuela (Loama de Hierro) und der Dominikanischen Republik (Bonao). Lateritische Lagerstätten in Kolumbien sind im Stadium der Erschließung (Cordoba, Cerro Matoso). In Guatemala wurde eine Lagerstätte bei El Estor erschlossen. Puerto Rico verfügt über lateritische Nickelerzlagerstätten (Guanajaibo bei Mayaguez).

Afrika: Die größte Nickelförderung Afrikas (als Beiproduct!) stammt aus der Republik Südafrika aus dem Bereich der Lagerstätten des Bushveld-Massivs (Merensky-Reef). Zimbabwe-Rhodesien fördert, wenn auch in geringen Mengen, Nickelerze (Shangani und Damba, zwischen Bulawayo und Gwelo, etwa 1,2 Mio t [derzeit Umstellung auf Tiefbau!] und Trojan bei Bindura). Botswana verfügt über Nickelerzlagerstätten bei Pikwe (31 Mio t) und Selebi (12 Mio t). In Kolwesi (Zaire) werden ebenfalls große Mengen an Nickelerzen

abgebaut. Garnieritvorkommen sind in Kenia im West-Pohot-District bekannt. In Marokko wird Nickel als Beiproduct aus den Komplexerzlagerstätten von Bou Azzer gewonnen.

Australien und Ozeanien: Die erst kürzlich wiederentdeckten sulfidischen Nickelerzlagerstätten Australiens liegen im Greenstone Belt des archaischen Yilgarn Blocks in Western Australia zwischen Kalgoorlie, Norseman (Kambalda, Nepean, Location 3, Spargoville, Agnew, St. Yves). Im Zuge einer Prospektionskampagne wurden darüber hinaus zahlreiche weitere primäre Sulfiderzkörper (Mount Windarra) sowie auch lateritische Vererzungen gefunden, welche zum Teil noch unerschlossen sind (Greenvale, 44 Mio t). Die Garnieritvorkommen Neu-Kaledoniens (Poro, Kouaoua, Thio, Nepoui und Goro) sind demgegenüber wesentlich bedeutender (weltgrößte Reserven). Die Nickellagerstätten, vorwiegend lateritischer Natur, sind von enormer Erstreckung.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die Sowjetunion verfügt über eine Reihe magmatogener Ni-Cu-führender Sulfiderzlagerstätten. Die bedeutendsten liegen im Gebiet von Norilsk/NW-Sibirien sowie der Halbinsel Kola (Monchegorsk, Pechenga). Lagerstätten gleichen Typs liegen in Worojesch (im Stadium der Erschließung) sowie auf der Halbinsel Taymyr und im Nordbaikalgebiet. Sulfidische und oxidische Nickelereze sind vor allem an die über 300 bekannten Ultrabasitmassive des gesamten Uralorogens gebunden (Aktjubinsk-Kempirsai, Orsk-Chalilovo, Buruktal, West-Kustanaj, Magnitogorsk/Südural; Werchny Ufaley, Swerdlowsk-Revda-Polensk, Resk/mittl. Ural und Serow/Nordural). Im Ukrainischen Schild sind lateritische Vererzungen bekannt (Kirovograd). Hydrothermale Co-Ni-Erzlagerstätten liegen in Aserbeidschan (Daschkesan). In der Volksrepublik China wird Nickelerz in Jilin (Panshih) abgebaut. Bedeutendere Nickelerzressourcen sind auch in Szechuan und Yunnan bekannt. Etwa 85% sind sulfidische, magmatogene Lagerstätten. Die lateritischen Nickelerzvorkommen sind noch völlig unzureichend untersucht.

In Indien liegen bei Kansa/Orissa etwa 50 Mio t, bei Sukinda/Orissa etwa 15 Mio t lateritischer Nickelerze. Der Erzkörper von Bawdwin in Burma (siehe Kobalt) führt auch beachtliche Mengen an Nickel. Auf Indonesien werden Nickelerze bei Pomalea (Sulawesi) sowie den Molukkeninseln Halmahera, Gebe, Obi, Gag, Waigo und Irian Jaya gewonnen. Auf den Philippinen werden sulfidische Nickelerze (Dawn-Mine/Luzon) und lateritische Erze (Toronto/Palawan, Nonoc/Nonoc) abgebaut.

Europa: In Europa sind Nickellagerstätten verschiedenster Typen bekannt: In Norwegen liegen liquid-magmatische Nickelvererzungen in Hosanger (zur Zeit stillgelegt). Lagerstätten ähnlichen Typs werden in Finnland in Kylkäkorsi und neuerdings in Vuonos (Hitura, Mustavaara und Petolahti) abgebaut. Im Peridotitmassiv von Ronda (Südspanien) laufen umfangreiche Erkundungsarbeiten. In Jugoslawien ging 1976 in Kavadarci ein Eisen-Nickel-Bergbau in

Betrieb. Etwa 2 Mio t Nickel-Eisen-Erze sollen ab 1978 jährlich gefördert werden. Bei Pristina begann 1978 die Erschließung einer Nickelerzlagerstätte. Lateritische Nickelerze liegen in Golos, Cikatovo/Kosovo (rund 25 Mio t Reserven!). In Albanien wurde ein Ni-Fe-Bergbau (Laterite) bei Gurikur erschlossen. Auf Euböa und in Mittelgriechenland (Karditsa) werden lateritische Nickelerze, über verwitterten Serpentinitkörpern liegend, abgebaut.

Österreich: Seit der Schließung der nickelführenden Kupfererzlagerstätte von Mühlbach am Hochkönig wird derzeit kein Primär-Nickel produziert. Dennoch enthalten zahlreiche Lagerstätten der Ostalpen als Nebengemengteil Nickelerze. Im oben zitierten ehemaligen Nordrevier von Mühlbach am Hochkönig traten Nickelerze in sulfidischer und hydroxidischer Form auf. Im Leoganger Raum wurden vor allem im Mittelalter nickelführende Erze abgebaut (Nöckelberg, Schwarzleo usw.).

Die Lagerstätten Zinkwand-Vöttern (Vötternspitz) sind wegen ihrer Nickelführung bekannt. In Kieslagern vom Typ Großarl sind mitunter beträchtliche Mengen von Nickel (Pentlandit!) bekannt. Möglicherweise können darüber hinaus Ultrabasitstücke, wie vom Typ Kraubath, als häufig angesehen werden.

Hoffnungsgebiete

Bedeutende Neuentdeckungen von lateritischen Nickelerzlagerstätten sind noch über den Ultrabasitkomplexen in tropisch wechselfeuchten Klimaten (Kuba, Indonesien, Philippinen, Neu-Kaledonien u. a. o.) zu erwarten. Primäre nickelführende Sulfidvererzungen im Bereich Alter Schilde sind ebenfalls wahrscheinlich (Afrikanischer, Asiatischer, Sibirischer, Baltischer, Kanadischer Schild u. a.). Die Ni-führenden Manganknollen der Tiefsee können durchaus als potentielle Ni-Quelle angesehen werden.

Nickel-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in short tons Reservenbasis Menge	Gehalt in %
USA	14 000	2 700 000	0,2–1,3
Kanada	130 000	8 600 000	1,5–3
Neu-Kaledonien	85 000	15 000 000	1–3
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	308 000	28 000 000	0,2–4,0
Kuba	41 000	3 400 000	1,4
Andere Länder mit zen- tralistisch gelenkter Marktwirtschaft	168 000	4 800 000	0,4–4,0
Welt – Gesamt (gerundet)	746 000	62 500 000	

Substitution

Im Korrosionsschutz kann Nickel durch andere Materialien, wie etwa Kunststoffe, ersetzt werden. Bei

Konstruktionen kann Aluminium und überzogener Stahl an Stelle von Nickel treten. Verschiedene Technologien, welche doch erst in Entwicklung stehen, machen einen weitgehenden Ersatz für Nickel in der Zukunft wahrscheinlich.

Niob: siehe Tantal

Osmium: siehe Platin

Palladium: siehe Platin

Perlit, Puzzolan, Traß

Als **Perlite** werden expandierfähige vulkanische Gläser bezeichnet. Derartige Gläser werden subaerisch bis subaquatisch mit Aschenmaterial durch vulkanogene Ereignisse ausgeblasen und oft weit verfrachtet. Obwohl derartige Vorgänge in allen geologischen Epochen möglich gewesen waren, sind die derzeit bekannten Perlitvorkommen durchwegs tertiären Alters, weil Glas nicht stabil ist (Devitrifikation!). Viele Perlitansammlungen stecken daher schichtig (oft mehrere 100 m mächtig!) in zumeist tertiären Sedimenten der Umgebung junger Vulkangebiete.

In den Handel gelangt Perlit sowohl in rohem, gebrochenem Zustand als auch expandiert und gemahlen für Filterzwecke.

Puzzolane sind silikatische und aluminatische Materialien, die, ohne Zementeigenschaften zu besitzen, in fein verteilter Form bei normaler Temperatur mit Kalk in wässriger Lösung oder kolloidalem Zustand chemisch reagieren und Verbindungen bilden, die geringe Löslichkeit im Wasser aufweisen. Ein Erhärten unter Wasser oder an der Luft ist daher möglich.

Der im Gefolge des Gleichenberger Vulkanismus durch Einwirkung von Gasen und Dämpfen aus Andesiten und Trachyendesiten entstandene **Gossendorfit**, ein aus Opal und Alunit (Löwigit) bestehendes Gestein, kann auf Grund seiner Zusammensetzung den Puzzolanen zugerechnet werden.

Als **Traß** wird ein vulkanischer Trachyt- oder Phonolittuff bezeichnet, welcher schaumig porös (bimssteinähnlich!) ist und neben Analcim und Chabasit örtlich Gesteinsbröckelchen führt. Die ehemaligen Tuffbestandteile sind durch Devitrifikation (Entglasung) hydrochemisch verändert und zeigen latent hydraulische sowie säureabweisende Eigenschaften.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Perlitvorkommen in Kanada (British Columbia) sind zur Zeit noch unwirtschaftlich. In den Vereinigten Staaten von Amerika, den zweitgrößten

Perlitzentren der Erde, sind Lagerstätten über weite Bereiche des Westens verstreut (Arizona, Kalifornien, Idaho, Montana, New Mexico, Nevada usw.).

Mittel- und Südamerika: Geringe Mengen an Perlit werden in Mexiko und Argentinien gewonnen.

Afrika: Weist geologisch bedingt keine nennenswerte Perlitzentrale auf.

Australien: Australien fördert relativ geringe Mengen bei Southport/Queensland. Auch auf Neuseeland werden nur geringe Mengen an Perlit abgebaut.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Große Vorkommen an Perlit sind in der Sowjetunion bekannt (Aragati, Beregovsk/Ukraine). Perlitzentren werden darüber hinaus auf den Philippinen und Japan genutzt. In der Türkei sind zahlreiche kleinere Perlitzentren bekannt (Bereich Izmir, Eskisehir, Erzincan).

Europa: In Europa sind große Perlitzentren vorwiegend in Bereichen mit aktivem tertiärem bis rezentem Vulkanismus bekannt, wie Griechenland (Milos, Trachylas und Chivadolini). Die Reserven gelten als „unerschöpflich“ (Kos/Ägäis). Griechenland ist derzeit der wichtigste Perlitzentrale der Erde (20% der Weltproduktion!). Weitere Vorkommen liegen in Ungarn (Palhaza), der Tschechoslowakei (Lohotka pod Brety, Byst), Bulgarien (Dzhebel, Svetoslav) und Italien (Ponza; Oristano/Sardinien). Im Laacher-See-Gebiet in der Bundesrepublik Deutschland wird Traß abgebaut.

Österreich: In Österreich wird bei Gossendorf im Gleichenberger Vulkangebiet Gossendorfit abgebaut. Die Vorräte scheinen für die nächste Zukunft auszureichen.

Wirtschaftliche Perlitzentren sind im Bundesgebiet nicht vorhanden.

Hoffnungsgebiete

Gebiete mit einem jungen, aktiven Vulkanismus sind als Hoffnungsgebiete einzustufen (zirkumpazifischer Raum, östliche Mittelmeerländer u. a.).

Perlit (Roh)-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 short tons	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	950	200 000	
Griechenland	nicht erhebbar	100 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	nicht erhebbar	1 000 000	
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Markt- wirtschaft	nicht erhebbar	500 000	
Welt - Gesamt	nicht erhebbar	1 800 000	

Substitution

Geblähter Vermiculit, Bimsstein, Schlacke, Diatomit sowie Blähton können Perlit ersetzen.

Phlogopit: siehe Glimmer

Phosphate

Als Phosphate werden die Salze der verschiedenen Phosphorsäuren bezeichnet.

Phosphate sind die Ausgangsstoffe für die Herstellung von Phosphor und Phosphorsäure. Sogenannte Phosphaterze werden zur Herstellung von Phosphordünger und in der modernen Waschmittelindustrie, hier besonders als Triphosphat, benutzt. Die Verwendung von Phosphaten zu den genannten Zwecken ist nicht unbedenklich, da ein wesentlicher Teil über Haushaltsabwasser, durch Düngemittelauswaschung usw. in die Gewässer gelangt und dort eine Überdüngung hervorruft.

Große technische Bedeutung haben auch die organischen Phosphorverbindungen als Schädlingsbekämpfungsmittel sowie in der pharmazeutischen Industrie.

In den Handel gelangen Konzentrate mit Gehalten von 60 bis 77% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Höhere Gehalte an Fe, Al und CaCO_3 im Konzentrat sind unerwünscht. Für Legierungszwecke wird Ferro-Phosphor mit 20 bis 25% P angeboten.

Minerale

Apatit	$\text{Ca}_5[(\text{F},\text{OH})/(\text{PO}_4)_3]$
Wavellit	$\text{Al}_3[(\text{OH})_3/(\text{PO}_4)_3] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Guano	(rezente und fossile Exkremeante von Vögeln)

Lagerstättenkundliche Stellung

Phosphate treten in der Natur vorwiegend als lockere, oft konkretionär ausgebildete Sedimente aus phosphorsaurem Kalk auf, welche zumeist biogenen Ursprungs sind (Phosphorit). Umgelagerte, in marinen Sedimenten liegende Phosphoritlagerstätten können gewaltige Dimensionen erreichen. Derartige Phosphate bildeten sich vorwiegend am Beginn mariner Transgressionen. Rezente Anreicherungen an Phosphaten (u. a. Vogeldung) werden als Guano bezeichnet. Demgegenüber sind (Fluor-) Apatitgänge fast ausschließlich in präkambrischen Alkaligraniten, Nephelinsyeniten, Karbonatiten nur von geringer wirtschaftlicher Bedeutung. Viele Pegmatite sind wegen ihrer Phosphatführung bekannt.

Phosphatlagerstätten zeichnen sich oft durch eine Uranförderung aus.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Obwohl in Kanada zahlreiche Phosphatkörper bekannt sind, findet keine wirtschaftliche Nutzung statt. In den Vereinigten Staaten von Amerika sind mächtige Phosphoritlagerstätten pliozänen Alters in Florida bekannt, wo in einem Bereich von $180 \times 500 \text{ km}$ oft bis zu 13 m mächtige Lager gebaut werden (Swift Creek, Kingsford, Noralyn, Fort Meade, Haynsworth, Clear Spring u. a.). Große Reserven sind auch aus North Carolina, Georgia, Idaho, Alabama, Montana, Utah, Wyoming und Tennessee bekannt. In Montgomery County/Akansas liegen zur Zeit nicht genutzte Wavellitvorkommen. Die USA sind nicht nur die weltgrößten Verbraucher, sondern auch die größten Produzenten an Phosphaten.

Mittel- und Südamerika: Gangförmiger Apatit aus Karbonatiten wird in Araxá und Jacuperanga/Brasilien gewonnen. Neu erschlossene Phosphatbergbaue von Valep, Tapira und Fosfago begannen erst kürzlich mit der Produktion. Wesentlich wichtiger sind jedoch die Guanolagerstätten von Peru (Talara/Sechura-Wüste) und Chile.

Afrika: Gewaltige Mengen an Phosphaten liegen in Nordafrika (mediterrane Phosphatprovinz) in Transgressionsserien des unteren Eozäns. In Marokko sind mächtige Phosphatkörper bei Khouribga, Yousoufia und Ben Guerir bekannt (weltgrößte Reserven; USA, UdSSR und Marokko fördern rund 76% der Weltproduktion!). In Tunesien werden Lagerstätten ähnlicher Dimension bei Gafsa, Sehib und La Goulette abgebaut. Große Vorkommen an Phosphaten wurden in jüngster Zeit in Spanisch-Sahara erschlossen (Bou Craa). In Ägypten liegen über 1 Mrd t an Phosphaten der Kreide in den Lagerstätten Abu Tartur, Abu Zaabal und Wadi Katrani (tws mit Uran!). Die Lagerstätte Hamrawein produziert seit 1979. Phosphatlagerstätten eozänen Alters sind darüber hinaus in Togo (Hahofoe, Akoumape) bekannt. In Oberghana wurden vor kurzem die Phosphatlagerstätten von Kodjari und Abobo Djouna entdeckt und untersucht. Im Senegal werden bei Pallo, Tobene, Taiba und Ndoum Diop eozäne Phosphate abgebaut. Angola verfügt über Phosphatkörper bei Cabinda und Caala.

Im Karbonatitstock von Palabora (Republik Südafrika) werden Apatite gewonnen. Auch in Westuganda werden Apatitgänge beschürft.

Australien und Ozeanien: Die Phosphatproduktion Australiens ist zwar noch unbedeutend, jedoch im Steigen begriffen. Lagerstätten kambrischen Alters befinden sich um Clinton und dem nördlichen Queensland (Duchess/Cloncurry-District). Demgegenüber ist die Gewinnung miozäner Phosphate auf den Weihnachts- und Nauruinseln wesentlich höher.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die Sowjetunion gewinnt bedeutende Mengen von Apatit aus Gängen und Schlieren der Halbinsel Kola, dem Chibina-Komplex sowie Phosphaten aus dem Gebiet um Kara Tau und Chilisay (Kasachstan). Daneben sind

auch geringmächtige sedimentäre Phosphatlager bekannt.

In der Volksrepublik China sind Phosphatlagerstätten zum Teil kambrischen Alters in Hopeh (Chinghsiang), Kweichow (Kaiying), Hunan (Liuyang, Shimien, Huachiao), Anhwei (Anching), Yunnan (Kunyang, Haikou), Shantung (Jungcheng), Szechuan (Hsuaiyiling) sowie in Kiangsi vorhanden.

Große Mengen an kretazischen Phosphaten werden in Jordanien (El Hasa, Ruseifa, Shidiyeh), Israel (Negevwüste), Syrien (Khnefis) und dem Irak (vgl. mediterrane Phosphatprovinz!) gewonnen. Persien und Saudiarabien verfügen über große Phosphatlagerstätten. Die weltgrößten Reserven an Apatit werden in Vietnam vermutet. Die Lagerstättenvorräte im Norden des Landes bei Laokay werden auf zirka 1 Mrd t geschätzt.

Europa: Wirtschaftlich bedeutende Phosphatlagerstätten in Europa sind selten. In Schweden liegen im Bereich von Kiruna und Gellivare Apatitgänge. In der BRD sind bei Amberg (Oberpfalz) an Eisenerze gebundene Phosphatlager bekannt. Einige Pegmatitkörper des Oberpfälzer Waldes zeichnen sich durch eine geringe Phosphatführung aus. Große Vorkommen liegen in Polen (NE Rand Lysa Gora), offiziell wird aber keine Förderung angegeben (Annopol). In Jugoslawien soll im Jahre 1979 die erste Phosphatgrube bei Bosilegrad den Betrieb aufgenommen haben.

Osterreich: In miozänen Strandkonglomeraten liegen bei Prambachkirchen/Oberösterreich oft mehrere Meter mächtige Phosphoritsande. Aus manchen Höhlen der Ostalpen wurden zeitweise Phosphate gefördert (Drachenhöhle/Mixnitz). Im Helvetikum Vorarlbergs sind an zahlreichen Stellen Phosphoritknollen bekannt.

Hoffnungsgebiete

Neue potentielle Phosphatlagerstätten sedimentärer Entstehung sind im Bereich der mediterranen Phosphatprovinz (Nordafrika, Jordanien, Israel) zu erwarten. Ähnliche Lagerstätten können auch im Bereich der Westküste Südamerikas erhofft werden. Hoffnungsgebiet für an Karbonat- bzw. Alkaligesteine gebundene Phosphate sind zweifelsohne der Brasiliatische und Afrikanische Schild.

Phosphat-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 metric tons Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	51 000	8 500 000
Australien	—	1 500 000
Marokko	20 000	42 000 000
Senegal	1 600	200 000
Republik Südafrika	3 100	60 000
Togo	2 900	50 000
Tunesien	3 800	280 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	17 600	56 000 000
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	33 000	22 000 000
Welt – Gesamt (gerundet)	133 000	131 000 000

Substitution

In der Düngemittelindustrie ist Phosphor nicht ersetzbar. In der Waschmittelindustrie kann Phosphor in steigendem Maße durch andere Stoffe wie Borate usw. substituiert werden.

Platin, Platinmetalle (Rhodium, Ruthenium, Palladium, Osmium, Iridium)

Platin ist ein graues, silberglänzendes, nicht sehr hartes, zähes Metall, das sich durch große chemische Resistenz auszeichnet und dessen Schmelzpunkt bei 1 769 °C liegt.

Der hohe Schmelzpunkt und die außerordentliche Säurebeständigkeit machen Platin zu einem wichtigen Industrierohstoff. Die Elektroindustrie gebraucht Platin für Schaltkontakte, für die Errichtung von Telefonzentralen, Radiosendern und Transformatorenanlagen usw. Elektrische Heizelemente, thermostatische Ventile. Transatlantische Telefonkabel und Elektrolyseelektroden werden unter Verwendung von Platin erzeugt. In der chemischen Industrie findet Platin wegen seiner Korrosionsbeständigkeit Anwendung.

In fein verteilterem Zustand ist Platin ein Katalysator für Hydrierungen, Dehydrierungen und Oxidationsprozesse. Platin kommt hiebei in Form von feinen Netzen sowie als Platinschwamm zur Anwendung, wobei Asbest, Aktivkohle, Tonerde oder Kieselsäuregelle als Träger dienen. Über 10 t Pt werden jährlich als Katalysator bei der Abgasentgiftung von Benzinmotoren verwendet.

Wichtige Werkstoffe sind die Legierungen des Platins mit Gold, Silber, Rhenium, Kobalt, Nickel, Wolfram und Zirkonium sowie mit den Platinmetallen.

Platinverbindungen, wie etwa Platindioxid, Platinchlorid usw., werden in der Industrie zu galvanischen Platinierungen, der Herstellung von Platinkatalysatoren usw. benutzt.

Das in den Handel gelangende Platin weist eine Reinheit von 99,5% oder 99,8% Platin+Platinmetalle auf.

Platinmetalle

Platinmetall ist die Sammelbezeichnung für die in ihren chemischen Eigenschaften sehr ähnlichen Metalle Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium und Platin.

Ruthenium wird vor allem als härtesteigernder Zusatz in Platinlegierungen, Rhodium zur Herstellung von Spezialtiegeln und Katalysatoren sowie Schutzschichten auf anderen Metallen, wie Silber, zur Spiegelherstellung usw., Palladium als Legierungsbestandteil und Kontaktmaterial, Osmium als Legierungsbestandteil und Hartmetallwerkstoff, Iridium als Bestandteil von Hartlegierungen verwendet.

Minerale

<i>gediegen Platin</i>	Pt mit Gehalten an (Fe, Pd, Rh, Ir, Os)
<i>Stibiopalladinit</i>	$Pd_5Sb_2(?)$
<i>Cooperit</i>	PtS
<i>Sperrylith</i>	PtAs ₂
<i>Laurit</i>	RuS ₂

Lagerstättenkundliche Stellung

Platinmetalle (-erze) sind fast ohne Ausnahme an basische Magmatite gebunden und größtenteils aus sulfidhaltigen noritischen und nur untergeordnet aus sulfidfreien dunitisch-pyroxenitischen Intrusivgesteinen ausgeschieden worden. Der überwiegende Teil der Platinmetalle ist isomorph im Kristallgitter von Sulfiden eingebunden. Die Verteilung der Platinmetalle kann von Lagerstätte zu Lagerstätte erheblich schwanken. Während z. B. in Lagerstätten der Halbinsel Kola das Verhältnis Pt : Pd etwa 1 : 2 beträgt, ist in den kanadischen Lagerstätten Pt und Pd etwa in gleicher Höhe vorhanden, wogegen in den südafrikanischen Lagerstätten das Pt-Pd-Verhältnis auf etwa 2 : 1 ansteigt. Fast 97% der Weltproduktion an Platin ist Nebenprodukt bei der Verhüttung sulfidischer Erze. Die Rolle der Kontaktmetasomatose, der hydrothermalen Anreicherung sowie anderer primärer Konzentrationsmechanismen darf als marginal angesehen werden. Demgegenüber sind Anreicherungen im sedimentären Kreislauf in Form von Seifen von einiger Bedeutung, wenngleich nur 3% der Weltplatinproduktion aus Seifen erfolgt. Derartige Lagerstätten bilden sich vornehmlich um dunitische, sulfidarme (-freie) Gesteinskörper, während um sulfidführende Ultrabasite keine bzw. nur unbedeutende Anreicherungen zu erwarten sind.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Aus den in der kanadischen Provinz Ontario (Sudbury, Shebandowan, Pickle Lake) und Manitoba (Thompson-Wabowden-Bereich) liegenden komplexen Sulfiderzen wird Pt in beachtenswerter Menge als Beiproduct gewonnen (Pt : Pd = 1 : 1).

In den Vereinigten Staaten von Amerika liegen Pt-führende Seifenlagerstätten im Bereich der Goodnews-Bay (Alaska) und Primärvorkommen im Stillwater-Complex Montanas (zur Zeit keine Gewinnung). Eine geringe Produktion an Platin erfolgt als Beiproduct im Zuge der Verhüttung von Kupfererzen. Der Duluth-Gabbro Minnesotas ist auch wegen seiner Platinführung bekannt.

Mittel- und Südamerika: Platinanreicherungen sind vor allem im Westteil von Kolumbien (Provinz Choco, Titiribi) in Form von Seifen bekannt.

Afrika: Der überwiegende Teil der Weltplatinproduktion stammt aus der Republik Südafrika, wo im Bushveld-Massiv sulfidreiche Norite u. a. auf Platin bebaut werden. Die flözartigen Platinanreicherungen des Merensky-Reefs sind weltbekannt. Das Pt-Pd-Ver-

hältnis beträgt etwa 2 : 1. Schwerpunkte des Bergbaues liegen um Rustenburg und Lydenburg. Derzeit noch ungenutzte Pt-führende Sulfiderze liegen in der Kapprovinz bei Insizwa. Das Witwatersrand-Konglomerat führt neben Au auch Pt. Platin wird auch aus dem „Great Dyke“ Zimbabwe-Rhodesiens abgebaut. Geringe Mengen von Pt werden aus Seifen des Birbirflusses in Äthiopien gewonnen. In Sierra Leone wird Pt bei Freetown aus Seifen abgebaut.

Australien: Australien ist arm an Platinvorkommen, geringe Mengen fallen bei der Verhüttung von Gold-(Kalgoorlie) und Nickelerzen an.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die zweitgrößten Reserven an Platinerzen der Erde befinden sich in der Sowjetunion (die Republik Südafrika, Sowjetunion und Kanada verfügen über rund 98% der Weltreserven bzw. fördern rund 99% der Weltproduktion!). Schwerpunkte der Vererzung sind Pechenga und Monchegorsk (Halbinsel Kola). Das Pt-Pd-Verhältnis beträgt etwa 1 : 2. In Westsibirien (Norilsk) werden Reicherze aus Lagerlinsen bzw. Imprägnationen mit Kupfer-Nickel-Erzen gewonnen (rund 45% der Weltproduktion!). Das Pt-Pd-Verhältnis kann bis 1 : 10 ansteigen. In Nizhniy-Tagil/Ural werden Dunite und Platinseifen beschürft.

Pt wird auch auf den Philippinen und Japan gewonnen.

Europa: Europa weist außer Finnland derzeit keine nennenswerte Produktion an Platinerzen auf. Die Mansfelder Kupferschiefer beinhalten erhöhte Pt-Gehalte.

Österreich: Von einer diskreten Platinförderung im Kraubather Ultramafitstock abgesehen, sind keine weiteren Platinerzvorkommen bekannt bzw. zu erwarten.

Hoffnungsgebiete

Primäre Lagerstätten sind vor allem in den Ultrabasitkörpern Alter Schilde der Erde zu vermuten. Darüber hinaus sind die in Orogenzonen eingebundenen Ultrabasitkomplexe als häufig zu bezeichnen. Um bekannte Pt-Erzvorkommen sind in besonders günstigen Fällen Seifenlagerstätten zu erwarten.

Platin-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 troy ounces Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	10	1 000
Kanada	250	9 000
Kolumbien	15	1 000
Republik Südafrika	3 200	580 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	55	nicht erhebbar
UdSSR	3 200	200 000
Welt – Gesamt (gerundet)	6 730	790 000

wie Nikitowka (Ukraine), Frunze-Khaydarkan (Kirgisien) sowie in West- und Zentralsibirien. Neue Lagerstätten wurden im Kaukasus entdeckt.

In der Volksrepublik China stammt die größte Förderung von Hg-Erzen aus Lagerstätten des Tougren Bezirkes/Guizhov (Wanshan). Weitere Vorkommen liegen in Hunan (Fengwang), Yunnan, Kwangtung und Setchuan. In der Provinz Shansi sollen beachtliche Mengen an Sb-Hg-Erzen nachgewiesen worden sein (Sunyang-Bezirk).

Auf den Philippinen wurde ein Zinnobervorkommen mit sehr geringem Hg-Gehalt auf der Insel Palawan abgebaut.

Quecksilbervererzungen bedeutender Dimension sind in der Türkei bekannt. Die Lagerstätten sind größtenteils schichtgebunden und führen zum Teil auch Antimon. Die bedeutendsten Lagerstätten sind Kalecik, Karares, Aydin, Demirkapi (Westanatolien), Habibler, Camlica, Haliköy (Menderes-Massiv), Sizma und Konya.

Europa: In Europa liegen die größten Quecksilbererzvorräte der Erde. Die Lagerstätte von Almaden (Spanien) gilt als die größte Konzentration von Quecksilbererzen auf der Erde. Die Erze treten vorwiegend in Klüftchen und Gängen auf, welche Quarzitbänke durchziehen. Der neue Tagbau von El Entredicho (bei Almaden) soll ab Herbst 1980 die Produktion aufgenommen haben. Die jugoslawische Quecksilberlagerstätte von Idria ist in einem komplizierten Deckenbau eingebunden, welcher allerdings die Erzreserven vervielfacht. Beachtung müssen auch die weiteren jugoslawischen Vorkommen von Drazevici bei Sredneje, sowie jene des Ozrengebirges finden.

Von großer Bedeutung sind zwar die italienischen Quecksilberlagerstätten der Toskana bei Monte Amiata und Siele, wenngleich Ende 1976 deren Produktion infolge weltweiter Absatzkrisen vorläufig eingestellt worden ist. Die Erze sind vorwiegend als Imprägnation im Gefolge an einen jungen, trachytischen Vulkanismus ins Nebengestein aufzufassen.

In der ČSSR wird Quecksilber aus Fahlerzen von Rudnany (vgl. Eisen!) gewonnen.

Österreich: In den Ostalpen sind zahlreiche untersuchungswürdige Kleinvorkommen von Quecksilbererzen bekannt, wie in der Kreuzeckgruppe (Dellach), der Goldeckgruppe (Stockenboi), den Steiner Alpen (Eisenkappel, Vellacher Kotschna u. a.), dem Grazer Paläozoikum, der Nördlichen Grauwackenzone (Krummen) und der Rechnitzer Schieferinsel, welche zwar von Zeit zu Zeit beschürt, aber fast nie eingehend prospektiert worden sind.

Die Eisenspatlagerstätten der Nördlichen Grauwackenzone zeichnen sich durch einen diskreten Hg-Gehalt aus. Im Bereich von Schwaz-Brixlegg liegen gangförmige Fahlerzkörper (Schwazit).

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für neue Quecksilbererzlagerstätten sind die mobilen Orogengürtel der Erde (Varisziden, zirkumpazifischer Raum, vor allem aber die alpidischen, mediterranen Orogen) im Nahbereich magmatogener Einschaltungen.

Quecksilber-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 76-lb-Flaschen Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	25 000	350 000
Algerien	25 000	350 000
Mexiko	15 000	250 000
Spanien	35 000	1 500 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	5 000	350 000
Andere Länder mit zentralisti- sch gelenkter Marktwirt- schaft	85 000	1 500 000
Welt – Gesamt (gerundet)	190 000	4 300 000

Substitution

Beim Bau von elektrischen Apparaten und Kontrollinstrumenten kann Quecksilber lediglich in einigen wenigen Fällen ersetzt werden. Im Batteriebau verdrängen Nickel-Cadmium-Batterien Quecksilberelemente. Bei der Sodaerzeugung ersetzen Diafragmazellen die Quecksilberzellen. Bei der Farbherstellung treten organische Verbindungen an die Stelle von Quecksilberverbindungen.

Rhenium

Rhenium ist ein silberweißes, sehr hartes, bei Rotglut jedoch walzbares Edelmetall, dessen Schmelzpunkt bei 3 180°C liegt.

Wegen seiner physikalischen Eigenschaften ist Rhenium zur Herstellung von Thermoelementen, Lampenglühdrähten und Elektronenröhren besonders geeignet. Als Zusatz verbessert es die Eigenschaften von Wolfram- und Molybdänlegierungen. Seine Salze und Oxide werden als besonders vergiftungsbeständige Katalysatoren zur Hydrierung und Dehydrierung verwendet. Durch seine hohe Beständigkeit gegen Angriffe von Chemikalien wird es auch zur Plattierung von Transportgefäß für Salzsäure und chirurgische Instrumente verwendet.

Lagerstättenkundliche Stellung

Rhenium bildet keine eigenen Minerale. Es wird zum Teil als wirtschaftliches Nebenprodukt aus Flugstäuben, die bei der Verhüttung molybdänführender Kupfererze vom Typ der Disseminated-Copper-Ores anfallen, gewonnen. Rhenium wurde zeitweise auch aus Schlacken der Mansfelder Kupferschiefer extra-

hiert. Daneben ist Rhenium örtlich auch an Columbit, Wolframit, sulfidische Kupfervererzungen und Molybdänit gebunden. Manche Selenerze sind wegen ihrer Rheniumführung bekannt.

Regionale Verbreitung und Hoffnungsgebiete

Da Rhenium größtenteils an die molybdänitführenden Erze vom Typ der Disseminated-Copper-Ores gebunden ist, darf auf die Kapitel Kupfer, aber auch Molybdän verwiesen werden.

Rhenium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in lb Reserven- basis
USA	vertraulich	2 600 000
Kanada	4 000	700 000
Chile	4 500	2 600 000
BRD	4 500	-
Peru	400	400 000
UdSSR	2 000	500 000
Andere	600	200 000
Welt – Gesamt (gerundet)	16 000¹⁾	7 000 000

¹⁾ Außer USA.

Substitution

Iridium kann Rhenium in einigen Fällen ersetzen. Als Katalysatoren könnten Ga, Ge, I, Se, Si, Sn, W und V das Rhenium ersetzen. Auch in anderen Anwendungsbereichen ist Rhenium durchaus substituierbar.

Rhodium: siehe Platin

Rubidium: siehe Caesium

Ruthenium: siehe Platin

Rutil: siehe Titan

Samarium: siehe Seltene Erden

Sande, Kiese

Sande und Kiese sind Massenrohstoffe, welche vorwiegend für Hoch-, Tief- und Straßenbauzwecke, als Glas- und Formsande, als Schüttmaterial für Dämme und Böschungen sowie für Filterzwecke benötigt werden. Je nach Verwendungszweck sind verschiedene qualitative Anforderungen notwendig:

Für **Mauersand** und Mörtelmaterial dürfen keine löslichen und pflanzlich-kohligen Beimengungen enthalten sein. Die Kornform soll scharfkantig bis eckig sein. **Putzsande** sollen fein- und vor allem gleichkörnig sein. Sande für **Formzwecke** sollen eine Korngröße von 0,06 bis 0,5 mm aufweisen und dürfen Tonkomponenten enthalten. Sie sollen einen Wassergehalt zwischen 4,5 und 7,5% sowie eine ausgeprägte Bildsamkeit (Ballung bei 10 bis 20% Wassergehalt) aufweisen. Etwaige Eisenoxidgehalte sind unschädlich. Gasdurchlässigkeit und Feuerfestigkeit sind jedoch vonnöten. **Glassande** sollen möglichst monomineralische Quarzsande sein. Ihre Qualität ist vor allem vom Fe_2O_3 -Gehalt abhängig. Sande für Flaschenglas dürfen zwischen 0,5 und 7% Fe_2O_3 , für Fenster- und Hohlglas um 0,3% Fe_2O_3 , für Spiegelglas 0,1% Fe_2O_3 , Kristallglas 0,03% Fe_2O_3 , für Apparateglas 0,04% Fe_2O_3 , und optisches Glas maximal 0,02% Fe_2O_3 aufweisen. **Filtersande** können polymineralisch sein, sollen jedoch bestimmte, vom Verwendungszweck abhängige Kornspektren bzw. Filtereigenschaften (Durchlässigkeit) usw. aufweisen.

Lagerstättenkundliche Stellung und regionale Verbreitung

Sande und Kiese sind Abtragungsprodukte von Festgesteinen, welche auch heute noch gebildet werden. Als Sande werden polymikte und monomikte Lockersedimente bezeichnet, deren Kornfraktion zwischen 0,02 und 2 mm groß sein können (Fein-, Mittel-, Grob-Sande). Als Fein-, Mittel-, Grobkies und Schotter werden Lockersedimente bezeichnet, deren Kornfraktion zwischen 2 und 200 mm Durchmesser liegt. Lockersedimente entstanden durch chemische oder physikalische Verwitterung. Durch Wind, Wasser oder Eis wurden diese Sedimente abtransportiert, wobei eine Änderung der Kornform (kubisch, gedrungen, plattig und splittrig) sowie der qualitativen Zusammensetzung bewirkt wurde. Bevorzugte Ablagerungsräume von Sanden und Kiesen sind das Vorland von Gebirgsketten (Molassezonen) bzw. tertiäre und quartäre intramontane Becken bzw. Bereiche ehemaliger Küstengebiete.

Sande und Kiese für Bauzwecke sind praktisch überall in reichlichem Ausmaß vorhanden, so daß eine detaillierte regionale Beschreibung unterbleiben kann. Hochwertige, monomineralische Sande werden für die Glasindustrie oder für Filterzwecke benötigt. Derartige Lagerstätten sind jedoch relativ selten (siehe Silizium). Sande mit hohem Schwermineralgehalt werden zur Gewinnung dieser Rohstoffe herangezogen (siehe Seltene Erden).

Sand- und Kieskörper sind darüber hinaus ein wesentlicher Grundwasserspeicher und dürfen daher keinesfalls bedenkenlos abgebaut werden. Wenn gleich Sande und Kiese als Rohstoff zur Zeit noch uneingeschränkt zur Verfügung stehen, kann durch planlose Verbauung eine Verknappung verursacht werden. Dies um so mehr, als die Sand- und Kieskörper aus wirtschaftlichen Gründen immer um urbane Ballungszentren situiert sind.

Substitution

Für elektrotechnische bzw. elektronische Anwendungen kann Platin durch Gold, Silber und Wolfram ersetzt werden. In den Laboratorien ist Platin noch immer nicht ersetzbar. In der Dentalmedizin kann Gold an die Stelle von Platin treten.

Praesodym: siehe Seltene Erden

Promethium: siehe Seltene Erden

Pyrophyllit: siehe Talk

Quarz: siehe Silizium

Quecksilber

Quecksilber ist das einzige bei Normaltemperatur flüssige Metall, sein Schmelzpunkt liegt bei $-38,9^{\circ}\text{C}$. Quecksilberdämpfe zeigen ebenso wie wasserlösliche Quecksilberverbindungen stark toxische Wirkung.

Infolge seiner für viele Verwendungszwecke günstigen Eigenschaften, wie hohe Dichte, Flüssigkeit bei Normaltemperatur, gleichmäßige Volumausdehnung, chemische Beständigkeit, gute Legierbarkeit usw., besitzt das Metall große industrielle Bedeutung.

Wegen der eingangs erwähnten toxischen Eigenschaften gefährdet Quecksilber in weitem Maße auch die Umwelt. Aus diesem Grunde setzt seit 1969 verstärkt Substitution oder zumindest eine Verbrauchsminde rung ein.

Metallisches Quecksilber wird zum Bau von physikalischen und medizinischen Geräten (Thermometer, Strömungsmesser usw.), in der Elektroindustrie (Gleichrichter, Oszillatoren, Schaltelemente usw.) und zur Herstellung von Kunst- und Präzisionsguß verwendet.

Die chemische Industrie verbraucht Quecksilber bei der Erzeugung von Desinfektions- und Saatbeizmit teln, als Holzschutzmittel, für katalytische Zwecke.

Amalgame und Quecksilberverbindungen finden bei der Herstellung von Trockenbatterien Verwendung. In Form von aktiven Amalgamen wird Quecksilber zur Cadmium-, Platin- und Goldgewinnung benutzt.

Quecksilber mit einem Reinheitsgrad von 99,9% gelangt gewöhnlich in Stahlflaschen mit etwa 34,5 kg Inhalt in den Handel, 99,999%iges Quecksilber wird als chemisch rein angeboten.

Minerale

gediegen Quecksilber	Hg
Zinnober	HgS
Metacinnabarit	HgS
Schwazit (Hg-haltiges Fahlerz)	

Lagerstättenkundliche Stellung

Quecksilberlagerstätten sind vielfach an vulkanogen beeinflußte, paläozoische oder mesozoische Gesteins serien, manchmal aber auch an einen jungen, zumeist tertiären, synorogenen Vulkanismus gebunden.

Quecksilbererze sind leicht mobilisierbar, weshalb sie vielfach in Porenräumen und Klüften auftreten. Zinnoberlagerstätten sind zumeist recht oberflächen nahe angelegt. Quecksilberhaltige Fahlerze (Schwazit) sind wirtschaftlich von geringerer Bedeutung als eigentliche Zinnobervererzungen. Daneben existieren zahlreiche Vorkommen von gediegenem Quecksilber.

Manche Quecksilbererzlagerstätten sind zu einer Sb-W-Hg-Formation altpaläozoischen oder jurassis chen Alters zusammenfaßbar.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada wurden bis vor kurzem Quecksilbererze in British Columbia (Pinchi Lake) abgebaut. Die bekanntesten Quecksilbervorkommen der USA liegen in Kalifornien (Tagbaue Aetna, Knoxville, Manhattan One Shot, Oat Hill/Napa County und Tiefbau New Almaden/Santa Clara County). Die Vererzung ist zumeist an Klüfte und Störungen gebunden, welche das Nebengestein (z. B. Serpentinit e) durchziehen. Die Mineralisation ist als jungvulkanisches Ereignis anzusehen (zur Zeit jedoch fast keine Gewinnung). Eine ähnliche Lagerstätte liegt in Terlingua/Texas. Ein großes Quecksilbererzvorkommen im NW Nevadas (Mc Dermitt/Humboldt County) wird seit 1975 ausgebeutet. Geringere Mengen an Quecksilber werden als Beiproduct der Goldproduktion in Eureka County/Nevada gewonnen. In Alaska sind Quecksilbervererzungen im Kuskokwim-Tal bekannt und werden auch zeitweise genutzt.

Mittel- und Südamerika: Quecksilbererze wurden bis vor kurzem aus zahlreichen Lagerstätten Mexikos gefördert: Nueva Mercurio, Guadalcazar u. a. In Peru werden lediglich geringe Mengen von Erzen minderer Qualität abgebaut. Zu erwähnen sind noch die Vorkommen in Chile (Ovalle) und Kolumbien (Aranza zu/Caldas).

Afrika: Quecksilbererze großen Ausmaßes wurden in Algerien (Ismail bei Abazza) entdeckt und dienen vorwiegend dem Export. Im tunesischen Medjerda-Gebirge bei Arjad sind ebenfalls Quecksilbererzlagerstätten bekannt.

Australien: Australien verfügt über keine nennenswerten Quecksilbererzlagerstätten.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die Sowjetunion verfügt über große Quecksilbererzlagerstätten,

Hoffnungsgebiete

Sande und Kiese sind als Massenrohstoffe über die ganze Erde verbreitet.

Scandium

Scandium (siehe auch Seltene Erden) ist ein silberweißes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 1 539° C liegt.

Die Verwendung des Scandiums gewinnt zunehmend an Bedeutung. Wegen seiner geringen Dichte und seines hohen Schmelzpunktes wird es vor allem in der Raumfahrttechnik eingesetzt. Die Möglichkeit eines Zusatzes zu Nickel, Titan oder Magnesium-Tantal-Legierungen wird untersucht. Scandium findet des weiteren Verwendung als Wirtsgitter für Europium- und Ytterbium-aktivierte Leuchtstoffe, als Katalysator sowie in der Elektrokeramik.

Nickel-Cadmium-Akkumulatoren für Raumsatelliten werden mit Nickel-Scandium-Hydroxid-Elektroden ausgestattet. ScF_3 ist ein Unreinheitsadditiv für Laser-Kristalle.

Minerale

Thortveitit $(\text{Sc}, \text{Y})_2 [\text{Si}_2\text{O}_7]$

Lagerstättenkundliche Stellung

Scandiumerze sind ausgesprochen selten. Der Thortveitit tritt vorwiegend in Pegmatiten auf. Die Gewinnung von Scandium erfolgt heute vorwiegend als wirtschaftliches Nebenprodukt bei der Verhüttung von U-Th-Erzkonzentraten, Wolfram- und Zinnerzen, bei der Verarbeitung von Selteneren Erden sowie Zirkon-Lithium- und Beryllium-Konzentraten. Tonige Böden können erhöhte Scandiumgehalte aufweisen. Gelegentlich sind auch Phosphate und Bauxite scandium-führend.

Regionale Verbreitung und Hoffnungsgebiete

Die Sowjetunion ist zur Zeit der größte Produzent an Scandium (aus Pegmatiten). Eine beachtliche Förderung scheint auch in Australien zu bestehen. Aus den Uranvererzungen dürfte der zukünftige Bedarf an Scandium zu decken sein.

Welt-Bergbau-Produktion

Keine Daten verfügbar.

Substitution

Scandium kann durchaus durch billigere Metalle, wie Seltene Erden, die die gleichen Eigenschaften und Anwendungsgebiete zeigen, ersetzt werden.

Schwefel

Schwefel ist ein nichtmetallisches Element von gelber Farbe und schlechtem Leitvermögen für Wärme und

elektrischen Strom. Sein Schmelzpunkt liegt zwischen 110° und 119° C. An der Luft verbrennt Schwefel mit schwach blauer Flamme zu Schwefeldioxid.

Die Gewinnung erfolgt durch Ausschmelzen aus Gesteinen, die elementaren Schwefel enthalten. Bei der Entschwefelung von Erdgas, Kohle- und Raffineriegasen fallen große Mengen an Schwefel an. Des weiteren können Sulfide, wie etwa Pyrit, zur Gewinnung von Schwefel herangezogen werden.

Große Mengen an Schwefel werden zur Erzeugung von Schwefelsäure, Sulfaten und Sulfiten verbraucht. Schwefel dient zum Vulkanisieren von Kautschuk, zur Herstellung von Bleich- und Desinfektionsmitteln sowie von pharmazeutischen Präparaten. Schwefelschaum wird zur Herstellung von Wärmeisolierungen benutzt.

Größte technische Bedeutung hat die Erzeugung von Schwefelverbindungen:

Schwefeldioxid ist ein Ausgangsprodukt für die Schwefelsäuredarstellung, des weiteren wird es als Desoxidationsmittel in der Hüttenindustrie, zur Konserverierung von Futtermitteln und zur Schädlingsbekämpfung verwendet.

Schwefelkohlenstoff ist ein wichtiger Rohstoff für die Kunstseide- und Zellstoffindustrie. Von großer Bedeutung ist seine Verwendung als Lösungs- und Extraktionsmittel.

Schwefelsäure spielt in der Chemie eine vielfältige Rolle. So etwa beim Aufschluß von Phosphaten, bei der Darstellung anorganischer Säuren, als Fällbad in der Kunstseideerzeugung, als Akkumulatorensäure, bei der Darstellung von Sulfaten, in der Erdölraffination usw.

Bei verschiedenen chemischen Prozessen in großen Mengen anfallender Schwefelwasserstoff wird zur Darstellung von Schwefel bzw. Schwefeldioxid verwendet.

Schwefel kommt in Stücken oder grob zerkleinert in verschiedener Reinheit (CLAUS-Schwefel mit 99,98% Schwefel, FRASCH-Schwefel super bright mit maximal 0,02% Kohlenstoff und 99,5% Schwefel, normal bright mit max. 0,04% Kohlenstoff und dark mit max. 0,2% Kohlenstoff) in den Handel. Zunehmend wird auch Schwefel in geschmolzener Form in Tanks oder über Pipelines transportiert. Für spezielle Verwendungszwecke wird sublimierter Bitumenschwefel, gemahlener Schwefel, gefällter Schwefel und „Kolloidschwefel“ benutzt.

Minerale

elementarer Schwefel

αS als Fällungsprodukt aus Lösungen

βS als vulkanogener Schwefel

Pyrit

FeS_2 (kub.)

Markasit

FeS_2 (rhomb.)

sowie zahlreiche sulfidische Verbindungen

Lagerstättenkundliche Stellung

Schwefel ist ein wesentlicher Bestandteil zahlreicher Minerale und tritt in Form von Sulfiden und Sulfaten in fast allen Lagerstättentypen auf. Wirtschaftlich bedeutend sind Lagerstätten von elementarem Schwefel, welche vorwiegend im Bereich mit starkem, heute noch weitgehend aktivem Vulkanismus und dessen Nebenerscheinungen (Fumarolen, Solfataren, H₂S-Quellen usw.) zu finden sind. Durch Reduktionsvorgänge entstanden Anreicherungen elementaren Schwefels in Evaporitlagerstätten, vorwiegend in den obersten Zonen von Salzdomen. Auch schichtige Gips- und Anhydritlagerstätten können elementaren, durch Reduktion entstandenen, „flözartig“ angereicherten Schwefel führen. Als Folge submariner vulkanogener Hydrothermenförderung haben sich in fast allen geologischen Zeiträumen Sulfid-(Pyrit-)Erzkörper gebildet. Auch heute können sich derartige Lagerstätten bilden (Vulkano, Santorin usw.). Viele Sulfiderzkörper führen beträchtliche Mengen an Cu, Pb, Zn, Co, Ni und werden vor allem auf diese bebaut. Beträchtliche Mengen an Schwefel fallen bei der Entschwefelung von Kohlenwasserstoffen (vor allem Erdgas) an. Bekannt sind auch Pyritanreicherungen in diversen Steinkohleflözen.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada wird bei der Entschwefelung von Kohlenwasserstoffen (Alberta [Athabasca], British Columbia und Saskatchewan) Schwefel extrahiert. Beträchtliche Mengen an Schwefelverbindungen werden bei der Verhüttung sulfidischer Erze gewonnen. Örtlich werden auch Pyritlagerstätten (Ontario) genutzt.

In den Vereinigten Staaten von Amerika wird elementarer Schwefel in Louisiana (Sulfur Salt Dome) aus dem obersten Bereich einer Salzdomstruktur durch Bohrlochsonden (Einpressen von Heißdampf) gewonnen. Ähnliche Lagerstätten sind in Texas bekannt (Big Hill/Metagorda). In Wyoming werden Schwefelverbindungen und elementarer Schwefel aus den Absätzen heißer Quellen gewonnen. Pyritzkörper in präkambrischen Gesteinen werden in Ducktown/Tennessee bebaut. Pyrit wird auch als Nebenprodukt der Mo-Erzgewinnung von Climax/Colorado gewonnen.

Mittel- und Südamerika: Elementarer Schwefel wird aus Salzdomen Mexikos (Isthmus von Tehuantepec) gewonnen. Schwefelreiche Lager, welche schichtig in Anhydriten liegen, werden in San Luis Potosi (Huaxcama), in Bolivien sowie anderen Andenstaaten abgebaut. In Chile wird elementarer Sublimations-schwefel aus vulkanogenen Aschen in Tacona, im wahrscheinlich höchstgelegenen Bergbau der Erde, in 6 200 m Seehöhe gewonnen. In Argentinien wird Schwefel aus sulfidischen Vererzungen der Anden, aus Erdöl-Erdgasraffinaten und Schwefelbergbauen produziert.

Afrika: Schwefel wird lediglich aus Pyriten des goldführenden Witwatersrand-Konglomerates gewonnen.

Australien: Pyrit wird in einem Tagbau bei Nairne/Ade-lade gewonnen. Wichtige Schwefelquellen sind weiters Abbrände vieler sulfidischer Komplexerze aus Lagerstätten (Mount Lyell/Tasm., Kalgoorlie/Western Australia, Broken Hill/New-Southwales, Read-Rosberry/Tasm.).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion wird Schwefel aus sulfidischen Kupfervererzungen des Urals gewonnen. Durch Zersetzung von Gips entstanden Schwefellagerstätten bei Gaurdak, Ser-nyje, Bugry u. a. Große Mengen fallen bei der Entschwefelung von Erdgas an.

In Japan werden Pyritlager (Honsyu, Yanahave, Matsuo), aber auch Lagerstätten vulkanogenen Schwefels genutzt. Auf den Philippinen wird Pyrit aus Kieslagern gewonnen (Cebu, Negros, Samar). Elementarer Schwefel wird in Indonesien in geringem Umfang abgebaut.

Im Iran wird bei der Raffination von Kohlenwasserstoffen Schwefel extrahiert. Im Südwesten des Landes wird Schwefel darüber hinaus aus tertiären Gipslagern abgebaut. Die Produktion elementaren Schwefels ist im Irak stark angestiegen.

Europa: Europa ist reich an Schwefelvorkommen jeglicher Art. Elementarer Schwefel wird in Polen bei Basznia, Grzybow und Tarnobrzeg (Karpatenvortiefe) aus tortonen Gipslagerstätten abgebaut. Große Mengen an Schwefel fallen auch als Nebenprodukt bei der Verhüttung der oberschlesischen Blei-Zink-Erze an.

In Jugoslawien werden Schwefelverbindungen ebenfalls im Zuge der Verhüttung von Blei-Zink-Erzen der Gruben Trepča sowie der Kupfererze der Lagerstätte Bor u. a. gewonnen. In Rumänien werden beachtliche Mengen an Pyriterzen aus verschiedenen Lagerstätten gefördert. Bekannt sind Pyritlager auf Zypern (über 40!) submarin-vulkanogener Entstehung (Tagbau Limni, Tiefbau Kokkinoyia, zur Zeit stillgelegt). In Griechenland werden kupferhähnliche Sulfidvererzungen auf Chalkidiki (Kassandra) und dem Peloponnes (Ermionis) bebaut.

Die Sulfidlagerstätten von La Zarza, Tharsis (Huelva Pyrite Belt) in Spanien und Lousal in Portugal führen auch große Mengen an Buntmetallen. Die ehemals bedeutenden Kiesvererzungen Frankreichs werden nicht mehr genutzt. Beträchtliche Mengen fallen dagegen bei der Entschwefelung des französischen Erdgases an (Lacq/Aquataine). Schwefel aus Gipslagern wird in Caltanissetta/Sizilien gewonnen. Pyritvererzungen hoher Qualität werden bei Gavorrano/Toskana bebaut.

Reiche Vorkommen an hochmetamorphen Kiesvererzungen liegen in Norwegen (Tverrfjellet, Bleikvassli, Mofjell, Sulitjelma). Beachtliche Mengen an Pyrit und Magnetkies werden in Schweden aus polysulfidischen

Erzlagerstätten z. T. als Beiproduct gewonnen (Långsele, Udden, Rävlidmyr, Kimheden).

Bekannt sind die polymetallischen Pyritvererzungen von Meggen und Rammelsberg in der Bundesrepublik Deutschland.

Österreich: In den Ostalpen liegen zahlreiche Kiesvererzungen, welche den heimischen Bedarf leicht decken könnten (Kallwang, Öblarn, Schwarzenbach, Panzendorf, Tessenberg, Großarltal, Stübing). Beträchtliche Mengen an Schwefelverbindungen fallen bei der Verhüttung sulfidischer Erze (Blei-Zink) an. Bei Wörschach/Ennstal wurde zeitweise elementarer Schwefel beschürft. Auch bei der Entschwefelung von Kohlenwasserstoffen sowie in der chemischen Industrie werden beachtliche Mengen an Schwefel gewonnen.

Hoffnungsgebiete

Als Hoffnungsgebiete für Lagerstätten elementaren Schwefels sind die aktiven Vulkangebiete der Erde (zirkumpazifischer Raum) sowie in besonders günstigen Fällen der Hutbereich (Cape rock) von Evaporitlagerstätten (z. B. Mexiko) anzusehen. Mit verstärkter Kohlenwasserstoffförderung wird auch in zunehmendem Maße Schwefel anfallen. Aus den vielen sulfidischen Erzlagerstätten der Erde kann Schwefel in nahezu beliebiger Menge bei entsprechendem Bedarf gewonnen werden.

Schwefel-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 metric tons	Reservenbasis
	Bergbau- produktion	
USA	11 700	175 000
Kanada	7 000	250 000
Frankreich	2 200	30 000
BRD	1 700	30 000
Italien	700	15 000
Japan	2 800	10 000
Mexiko	2 000	90 000
Spanien	1 200	30 000
Naher Osten	1 200	400 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	4 000	250 000
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	20 000	485 000
Welt – Gesamt (gerundet)	54 500	1 760 000

Substitution

Schwefel kann in seinen Hauptanwendungszwecken nicht ersetzt werden. Bei einigen speziellen Anwendungen ist die Substitution von Schwefelsäure durch andere Säuren möglich.

Schwerspat: siehe Barium

Selen

Selen ist ein Halbmetall, das in drei verschiedenen Modifikationen, und zwar als amorphes rotes Selen, als monoklines rotes Selen bzw. als graues metallisches Selen auftritt. Die roten Modifikationen leiten den elektrischen Strom nicht, die graue Modifikation zeigt einen ausgeprägten Fotoeffekt, das heißt, daß ihre Leitfähigkeit bei Belichtung auf das Tausendfache zunimmt.

Auf Grund seiner Halbleitereigenschaften wird Selen zur Herstellung von Selenbrücken und Selenfotozellen für Tonfilmgeräte, in der Bildtelegrafie, beim Radar, in Colorimetern usw. verwendet.

Selenzusätze verbessern die Verarbeitungseigenschaften von Kupferlegierungen und Drehstählen. Die chemische Industrie verwendet Selen als Dehydrierungsmittel. Weitere Anwendungsgebiete sind die Keramik- und Glasindustrie, letztere benutzt CdSe zur Erzeugung von Rubinglas. Erdalkaliselenide werden in der Leuchtstoffindustrie sowie zur Herstellung von Pharmazeutika und Schädlingsbekämpfungsmitteln verwendet.

Selen wird häufig in amorphem Zustand, daneben in Stangen, Platten und als Granulat in den Handel gebracht.

Minerale

Clausthalit	PbSe
Tiemannit	HgSe
Naumannit	Ag ₂ Se
Berzelianit	Cu ₂ Se

Lagerstättenkundliche Stellung

Eigene Lagerstätten bestehen nicht. Selen ist größtenteils an Cu-Ni-führende Sulfiderkörper sowie hydrothermal entstandene Sulfide gebunden. Bekannt sind darüber hinaus diskrete Selengehalte mancher Uran- und Golderze. Aus Kupferanodenschlämmen und Flugstäuben sowie Gasen der Schwefelkiesröstung kann bisweilen auch Selen extrahiert werden.

Regionale Verbreitung

Amerika: Die derzeit weltgrößte Selenproduktion stammt aus Kanada, wo Selen aus den Erzen des Sudbury-Komplexes extrahiert wird. In den Vereinigten Staaten wird Selen u. a. aus sedimentären Uranerzen gewonnen (Baggs/Wyoming). Die Hauptmenge stammt aus der Verhüttung selenführender Kupfererze. Aus zahlreichen polysulfidischen Erzgängen Südamerikas wird auch Selen abgebaut: Cerro de Pasco/Peru, Pacajace/Bolivien sowie Mexiko und Chile.

Afrika und Australien: Geringe Mengen an Selen werden aus Anodenschlämmen extrahiert (Zaire/Kipushi; Sambia/Nolola).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Auf Sumatra wird bei Lebong Soelit Selen aus Golderzen gewon-

nen. In der Sowjetunion werden Sulfiderze von Kulj-Jurttau zur Selengewinnung verwertet. In Japan wird Selen aus Anodenschlämmen gewonnen.

Europa: Geringe Mengen an Selen fallen bei der Verhüttung sulfidischer Erze Schwedens (Boliden), Finnlands und Jugoslawiens an.

Österreich: Zahlreiche Kieslager weisen geringe Selengehalte auf. Eine Gewinnung erfolgt derzeit nicht.

Hoffnungsgebiete

Auch zukünftig wird, da keine eigenen Selenlagerstätten bestehen, Selen nur als Beiproduct von Komplexerzen gewinnbar sein. Diesbezüglich sei auf die entsprechenden Kapitel (Cu, Ni, S) verwiesen.

Selen-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Hüttenproduktion	in 1 000 lb Reservenbasis
USA	600	81 000
Belgien – Luxemburg	130	–
Kanada	1 000	28 000
Chile	18	86 000
Finnland	40	1 200
Japan	1 000	2 000
Mexiko	180	12 000
Peru	30	28 000
Schweden	150	2 000
Jugoslawien	100	5 000
Andere	nicht erhebbar	190 000
Welt – Gesamt (gerundet)	3 248	435 000

Substitution

In der Halbleitertechnik kann Selen durch Silizium, Germanium und Cadmium, in der Glasfabrikation durch Cerioxide ersetzt werden. In der Elektronik, bei der Herstellung von Pigmenten und der Gummiindustrie kann Tellur Selen ersetzen.

Seltene Erden

Unter der Sammelbezeichnung „Seltenerdmetalle“ (abgekürzt SE), werden die Elemente Scandium (siehe auch Kapitel Scandium!), Yttrium, Lanthan, Cer, Praesodym, Neodym, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thullium, Ytterbium und Lutetium zusammengefaßt.

Cer-Mischmetall findet Verwendung zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften mikrolegierter Stähle, zur Desoxidation und Entschwefelung sowie zur Bindung von Spurenelementen, zur Erzeugung von Heizeleiterlegierungen und Zündsteinen. Cer wird des weiteren zur Erzeugung magnetischer Werkstoffe mit guten Permanenzeigenschaften benutzt.

Yttrium wird zur Herstellung von supraleitfähigen Legierungen verwendet.

Cer, Praesodym und Neodym dienen zum Färben und Entfärben von Gläsern sowie als Katalysatoren in der chemischen Industrie.

Lanthan findet bei der Herstellung von Crackkatalysatoren zur Erhöhung des Benzinanteiles in Rohölern und von Katalysatoren zur Autoabgasverbrennung Verwendung.

Europium, Cer, Terbium und Erbium dienen als Aktivatoren von Seltenerddioxiden usw.

Europium, Samarium, Gadolinium und Dysprosium werden in der Kerntechnik als Neutronenabsorber benutzt. Europium wird auch bei der Herstellung von Bildschirmen und Quecksilberdampflampen benötigt.

In den Handel gelangen Seltenerdmetalle in Form von Mischkristallen und Verbindungen, wie Chloriden, Oxiden, Fluoroxiden usw.

Vorstoffe zur Seltenerderzeugung sind:

Monazit-Konzentrat (mindestens 60% S.E.-Ox-Th)

Xenotim-Konzentrat (mindestens 25% S.E.-Ox).

Minerale

Monazit

Ce[PO4]
(25 bis 30% Ce2O3, 20 bis 30% La2O3, Pr2O3, Nd2O3, 1 bis 3% Yt2O3)

Loparit

(Na,Ce,Ca)TiO3
(bis zu 34% Ce und 10% Nb)

Parosit

(Ce,La)2Ca[F/(CO3)3]

Bastnaesit

Ce[F/CO3]3

Xenotim

Y[PO4]

Lagerstättenkundliche Stellung

Die Minerale der Seltenerden sind primär an Pegmatite, Alkaligesteine und Karbonatitkörper gebunden. Häufiger sind jedoch natürliche Anreicherungen dieser Minerale in Seifenlagerstätten. Vor allem marine Seifen sind an den Küsten der Alten Schilde der Erde gruppiert und stellen die wirtschaftlichsten Vorkommen dieser gesuchten Rohstoffe dar.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada werden SE gemeinsam mit Uranerzen im Elliot-Lake-District/Ontario abgebaut. In einigen Phosphoritlagern sind geringe Gehalte an SE nachgewiesen worden. Weitere Vorkommen liegen bei Agnew Lake und Bancroft/Ontario. Auch die apatitreichen Karbonatite enthalten SE. Jüngste Funde bewirkten, daß die Vereinigten Staaten von Amerika seit 1973 der größte Produzent und Exporteur an SE-Konzentraten sind (Lagerstätte Mountain Pass/San Bernadino County, Kalifornien). Hauptträger in SE ist hier das an Karbonatite gebundene Mineral Bastnaesit. Große Seifenlagerstätten werden in Florida (Nassau

County, Clay County) genutzt. Geringe Mengen an Seltenerdmineralen werden aus Schwermineralalkonzentraten Georgias gewonnen.

Mittel- und Südamerika: Große Vorkommen an SE liegen in Brasilien, vor allem in den Staaten Espírito Santo, Bahia sowie Rio de Janeiro. Die brasilianischen Vorkommen an SE sind reich an Thorium. Weitere Vorkommen werden in Uruguay und Argentinien beschürft.

Afrika: Auf Madagaskar (Ambato Finandrahana) werden SE-Vorkommen vor allem auf Cer bebaut. Bekannt sind Seifenlagerstätten in Malawi (Kangan-gunde Hill), in Burundi (Karonge), Sambia sowie im Nildelta Ägyptens.

Australien: Bei der Aufbereitung von Ilmenit- und Rutil-sanden fallen beträchtliche Mengen SE (Monazitsande!) in Queensland und New Southwales an.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion liegen bedeutende Vorkommen von Seltenerd-mineralisationen in Form von Seifen und primären Lagerstätten. Auf der Halbinsel Kola sind Seltenerdmi-neralisationen in Pegmatiten, die Alkaligranite durch-setzen, bekannt. Ähnliche Mineralisationen existieren in Nordkarelien (Alakurt) und Südkarelien (Ladogasee-Gebiet). In Indien und Malaysia sind ebenfalls große Vorkommen von Seltenerdvererzungen bekannt. Neuerdings wird in Thailand im Zuge der Zinnerzgewin-nung auch Monazit ausgebracht.

Enorme Ressourcen an Seltenerdvererzungen liegen in der Volksrepublik China in der Inneren Mongolei (Boiyungobo, nördlich von Baotou). Die Erze beinhalten vorwiegend Samarium und Europium.

Europa: Geringe Mengen an SE werden in den Kristallengebieten Skandinaviens gewonnen. Sie sind heute eher wirtschaftlich unbedeutend. Aus dem bis 1933 bebauten Ytterby-Pegmatit wurden neben Ytter-bium (Name!) auch die Elemente Yttrium, Terbium und Erbium erstmals entdeckt. Heute wird dieser ehemalige Bergbau als unterirdischer Ölspeicher benutzt.

Österreich: Aus geologischen und petrologischen Gründen dürfen in den Ostalpen keine Vorkommen an SE erwartet werden. Örtlich erhöhte Gehalte an SE in jungen Vulkaniten sind wirtschaftlich völlig bedeu-tungslos.

Hoffnungsgebiete

Wirtschaftliche Vorkommen von Lagerstätten der Seltenerden sind auf den Alten Schilden (Afrika, Indien, Sibirien) der Erde, vornehmlich in pegmatiti-schen Gesteinen, zu erwarten. Weitere wirtschaftliche Anreicherungen dürften in manchen Karbonatit- und Alkaligestein-komplexen erhofft werden. Rezente und fossile marine Seifenlagerstätten sind nicht zu unterschätzen.

Seltene-Erden-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

		in short tons	
	Bergbau- produktion	Reserven- basis	
USA	vertraulich	5 000 000	
Australien	9 200	400 000	
Brasilien	1 500	350 000	
Kanada	—	250 000	
Indien	1 800	1 000 000	
Malaysia	1 300	30 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	270	200 000	
Andere Länder mit zentrali- stisch gelenkter Markt- wirtschaft	2 700	500 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	16 770 ¹⁾	7 730 000	

¹⁾ Außer USA.

Substitution

In den Hauptanwendungsgebieten gibt es keinen zufriedenstellenden Ersatz für Seltene Erden.

Silber

Silber ist ein weißes, dehnbares Metall, mit gutem Wärme- und Elektrizitätsleitungsvermögen sowie hoher chemischer Resistenz, dessen Schmelzpunkt bei 960° C liegt. Seine Salze zeichnen sich durch hohe Lichtempfindlichkeit aus.

Im Jahr 1979 wurden in den USA 170 Millionen Unzen Silber verbraucht. Davon entfielen auf

- die Film- und Fotoindustrie 39%,
- Silberwaren und versilbertes Material 15%,
- die Elektroindustrie 25%,
- die Herstellung von Löt- und Legierungen 8%,
- andere Verwendungszwecke 13%.

Im industriellen Bereich findet Silber vor allem in der Foto-, Schmuck- und Bijouteriewarenindustrie, in letzterer oft zur Oberflächenveredelung, Verwendung. In der Elektroindustrie werden Silberdrähte und Silberlote für die Herstellung von Relais und Kontakten verwendet. Neben dem industriellen Einsatz hat Silber eine lange Geschichte als Münz- und Währungsmetall.

Silberverbindungen werden in der Filmindustrie zur Erzeugung von Film- und Fotomaterial verwendet. Silbersalze dienen zur Herstellung von Hagelraketen.

Wegen seiner geringen Härte wird Silber meist mit Kupfer legiert verwendet. Weitere Legierungselemente sind z. B. Nickel, Silizium, Magnesium, Cadmium, Zink, Kohlenstoff, Palladium und Wolfram. Das Legieren mit Palladium setzt die Affinität des Silbers zu Schwefel-verbindungen stark herab.

Silber kommt als Barrensilber mit einem Gehalt von 99,9% (999 bis 999,9 fein) in den Handel. Sterlingsilber enthält 92,5% Silber und 7,5% Kupfer, Münzsilber 90% Silber und 10% Kupfer.

Minerale

gediegen Silber	Ag
Argentit (<i>Silberglanz</i>)	Ag ₂ S
Proustit	Ag ₃ AsS ₃
Pyrargyrit	Ag ₃ SbS ₃
Stephanit	5Ag ₂ S·Sb ₂ S ₃
Polybasit	(Ag,Cu) ₁₆ Sb ₂ S ₁₁
Chlorargyrit (<i>Hornsilber</i>)	AgCl
Fahlerze: <i>Tetraedit</i>	
<i>Tennantit</i>	
<i>Freibergit</i>	
<i>Schwazit</i>	
Bleiglanz	

Lagerstättenkundliche Stellung

Silbererze treten zumeist als Sulfide, seltener als gediegen Silber, in polymetallischen, hydrothermalen Ganglagerstätten auf. Silber wird nur völlig untergeordnet im sedimentären Kreislauf konzentriert. Aus geochemischen Gründen bestehen fast keine eigentlichen Silberlagerstätten. Silberverbindungen treten zumeist als wirtschaftliches Nebenprodukt in hochtemperierte Co-Bi-As-Sb-Sn-Vererzungen sowie in vulkanogen-sedimentären oder hydrothermalen gangförmigen Pb-Zn-Lagerstätten auf. Eine Bindung an orogene Magmatite ist auffällig (oft vulkanische bis subvulkanische Ganglagerstätten). Ag wird zu etwa 45% aus Pb-Zn-Erzen, 20% aus Ag-Erzen, 18% aus Co- und NiCo-Erzen und 2% aus Sn-Erzen gewonnen.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada wird in Manitoba, Saskatchewan und Ontario Silber aus polymetallischen Erzlagerstätten zumeist als Beiproduct gewonnen (Flin-Flon, Snow Lake/Manitoba, Kidd Creek, Cobalt, Timmins/Ontario). Auch die Erze der Sullivan-Mine, New Denver, Beaverdell und von Sam Goosley/British Columbia gelten als silberführend. In Yukon werden Silbererze tagbaumäßig abgebaut (United Keno Hills). Weitere bedeutende Vorkommen liegen im Faro-District (Grum, Vangorda, Swim). In den Northwest-Territories sollen alte Silbererzbergbaue (Echo-Bay-Mine) reaktiviert werden.

Beachtliche Mengen an Silbererzen werden in den Vereinigten Staaten von Amerika gewonnen (Idaho 48%, Arizona 19%, Colorado 8%, Utah, Montana, Missouri 20%). Etwa 66% der jährlichen Produktion sind Beiproducte sulfidischer Cu-, Pb-, Zn-Vererzungen.

Im Cœur-d'Alene District, Shoshone County (Idaho) werden Tetraedritgänge auf Silber bebaut.

Gangförmig auftretende Silbererze werden in Bunker Hill gewonnen. In Colorado werden Silbererze in Mineral Lake (Leadville), San Miguel, San Juan, Ovray und Eagle vorwiegend als Beiproduct komplexer Blei-Zink-Vererzungen abgebaut. Ähnliche Vererzungen liegen in Arizona. Vorkommen von Ag-Erzen

liegen darüber hinaus in Alaska (Kantishna-Gebiet, südlich von Juneau u. a. o.).

Mittel- und Südamerika: In Mexiko wird aus den an saure, tertiäre Vulkanite gebundenen Golderzgängen von El Oro Silber gewonnen. Die starke hydrothermale Umwandlung des Nebengesteines bewirkt eine lokale Silberanreicherung. Lagerstätten liegen darüber hinaus in den Staaten Sabinal, Zacatecas, Pachuco, Hidalgo, Sonora (Lampazos), Fresnillo, Oaxaca (Natividad, Taviche, Totalapan). Durch die Erschließung der La-Cienega-Mine/Durango soll die Produktion an Silbererzen erheblich angehoben werden.

Von großer Bedeutung sind die chilenischen, peruanischen und bolivianischen, in jungtertiären Daziten liegenden gangförmigen Zinnerz-Silber-Lagerstätten, die örtlich auch Gold führen (Bergbaue Cerro de Pasco, Potosí, Morococha u. a./Bolivien). Aus der in Erschließung befindlichen Lagerstätte von Toromochó/Peru sollen beachtliche Mengen an Silbererzen produziert werden.

In Argentinien wird Ag als Beiproduct der Komplexerz-lagerstätte Gonzalito gewonnen. Honduras verfügt über silberführende Blei-Zink-Erzlagerstätten (El Mochito, Tatumbla).

Afrika: Silber tritt vor allem in der polysulfidischen Kupferlagerstätte von Tsumeb in Namibia auf, die Produktion ist jedoch zur Zeit bedeutungslos. Geringe Mengen werden bei der Verhüttung der Blei-Zink-Erze von Broken Hill/Sambia gewonnen. Aus der polymetallischen Lagerstätte von Kipushi (Zaire) fällt Ag in beachtlichem Umfang als Beiproduct an. In Marokko werden Silbererze in Imiter, sowie als Beiproduct in den Lagerstätten Sidi Lahcen und Qued El Heimer abgebaut. Erfolgversprechende Explorationsarbeiten werden zur Zeit in Sidi Lahcen, Zgounder und Imiter durchgeführt.

Australien: Silber fällt in reichlichem Ausmaße einerseits bei der Verarbeitung von Golderzen, andererseits als wirtschaftliches Nebenprodukt der Pb-Zn-Erze von Broken Hill (New South Wales), Mount Isa, Mount Morgan (Queensland) und Read Rosbery (Tasmania) an.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die im Präkambrium der Halbinsel Kola liegenden Kupfer-Nickel-Erze führen zum Teil oft reichlich Silber, welches als Nebenprodukt gewonnen wird.

Mit steigendem Sulfiderzabbau fallen auch steigende Silbermengen (Altai, Ural, Kaukasus, Kasachstan, Sibirien) an. Die Sowjetunion ist der bedeutendste Silber-Produzent der Erde (auch größte Reserven!).

In der Volksrepublik China werden Silbererze in der Provinz Hunan (Weishancheng) abgebaut. Im Bereich von Miyun (NE Peking) wurden gangförmige Silbervererzungen nachgewiesen. Silber wird darüber hinaus aus zahlreichen Komplexerzlagerstätten als Beiproduct gewonnen.

Auf Indonesien wird Silbererz in Cikotoc, West Java, abgebaut.

Europa: Silber wurde in Form verschiedener Minerale aus hochthermalen polyminalischen Gängen des klassischen Lagerstättenganges des Erzgebirges (Annaberg, Joachimsthal usw.) abgebaut.

Von einiger Bedeutung ist der Silbergehalt der Kupferschiefer und Kupfermergel Polens (Grube Konrad, Glogow, Legnica usw.) und der Deutschen Demokratischen Republik. In Rumänien werden bei der Verhüttung bleiischer Erze in Baia Mare beachtliche Mengen an Ag gewonnen. In Schweden (Fålun) und Finnland wird Ag aus sulfidischen Erzkörpern gewonnen.

An variszische Blei-Zink-Erzgänge sind die Vorkommen des Penarroya-Districts (Silber im Bleiglanz), von Cartagena und Mazarron in Südspanien gebunden. Silber wird auch aus den Blei-Zink-Erzlagerstätten Frankreichs (Largentière, Les Malines, Noailhac St. Salvy) als wirtschaftliches Beiproduct gewonnen. Beachtliche Mengen an Silbererzen liegen in Mazarron (Südspanien). Große Mengen an Silbererzen stammen aus der Pb-Zn-Lagerstätte von Tynagh und den „Silvermines“ in Irland. Aus der irischen Lagerstätte von Northgate stammt die derzeit größte Ag-Produktion Europas.

Österreich: In den Ostalpen existieren zahlreiche Erzvorkommen, in denen lokal Silbererze beibrechen. Diese relativ kleinen Lagerstätten wurden vor allem im Mittelalter von den Fuggern und Welsern abgebaut. In Zukunft können derartige Lagerstätten vor allem in Verbindung mit anderen hochwertigen Erzen (Blei, Zink, Kobalt, Nickel) von wirtschaftlichem Interesse sein. Die wichtigsten Silbererzvorkommen liegen im Bereich der Nördlichen Grauwackenzone (Schwazer Lagerstätten), den Schladminger Tauern, den polysulfidischen Eisenspatlagerstätten von Oberzeiring sowie in den silberführenden Blei-Zink-Erzlagerstätten des Grazer Paläozoikums, der Gurktaler Alpen und der Nördlichen Kalkalpen (Blei-Zink-Vererzungen Typ Lafatsch).

Hoffnungsgebiete

Da Silber weitgehend ein wirtschaftliches (und werterhöhendes) Beiproduct komplexer Blei-Zink-Erzlagerstätten ist, sei vor allem auf dieses Kapitel verwiesen.

Silber-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in million troy ounces	
	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	38,3	1 510
Kanada	40,0	710
Mexiko	58,0	850
Peru	40,0	610
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	100,0	420
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	75,0	2 000
Welt - Gesamt (gerundet)	351,3	6 100

Substitution

Silber kann bei der Spiegelerzeugung durch Aluminium oder Rhodium, bei der Herstellung von chirurgischen Instrumenten und Transplantaten durch Tantal ersetzt werden. Rostfreier Stahl verdrängt Silber in zunehmendem Maße bei der Besteckherstellung und bei der Herstellung von Behältern für chemische Zwecke.

Silizium (Quarzsand, Quarzit, Bergkristall, Achat)

Silizium ist ein Element der Reihe der Halbmetalle und bildet stark metallisch glänzende, tief-dunkelgraue bis schwarze Oktaeder. Sein Schmelzpunkt liegt bei 1 410° C.

Reines Silizium wird nur in beschränktem Umfang für industrielle und technische Zwecke verwendet. Es erhöht die Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Stahl und Schmiedeeisen. In der Kurzwellentechnik werden Silizium-Kristall-Detektoren verwendet. In der Transistortechnik bedient man sich des Siliziums als Halbleiter. Linsen für den Bereich des mittleren Ultrarots werden aus Silizium hergestellt. Technisches Silizium mit einer Reinheit von über 96% dient als Legierungsstoff für Kupfer und Aluminium und als Reduktionsmittel bei der Herstellung von Kupferlegierungen.

Silizide, Verbindungen aus Silizium und einem Metall, wie etwa Ferrosilizium, werden als Vorlegierungen und Desoxidationsmittel bei der Stahlerzeugung verwendet. Feinst gemahlenes Ferrosilizium wird bei Aufbereitungsprozessen zur Herstellung von Schwertrüben benutzt.

Siliziumkarbid, SiC, dient wegen seiner großen Härte zur Herstellung von Schleifpulvern, Schleifpasten, Schleifscheiben sowie wegen seiner hohen Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalien und seiner Hitzebeständigkeit zur Auskleidung hochbeanspruchter Öfen.

Größte industrielle Bedeutung hat die Gruppe der Silikone, die als Schaumämpfer, Hydrauliköle, Formentrennmittel, zum Hydrophobieren von Glas, Keramik, Textilien und Leder, als Gleitmittel bei der Kunststoffverarbeitung, als Poliermittel usw. Verwendung finden. Silikonharze werden zur Lackerzeugung, Erzeugung von Preßmassen usw. verarbeitet. Durch Zusatz von gelöstem Silikonharz kann Edelputz wasserabweisend gemacht werden.

Silikonkautschuk und Silikongummi werden zur Ummantelung von Kabeln, als Dichtmasse, zur Herstellung von Abform- und Vergußmassen verwendet. Fluorsilikone haben hohe Oxidations- und Chemikalienbeständigkeit und werden als Schmiermittel, Kompressorenöl usw. verwendet.

Technisches Silizium wird mit einem Reinheitsgrad von 96 bis 98,5% in stückiger Form angeboten. Für

Legierungszwecke gelangt stückiges Ferrosilizium mit 45,75 bzw. 90% Si, daneben stückiges Mangansilizium mit 14 bis 20 bzw. 20 bis 25% Si in den Handel.

Quarzsand, Quarzit, Bergkristall, Achat: Quarz (SiO_2) bildet meist farblose, mitunter weiße, glasglänzende Kristalle von oft beachtlicher Größe. Der Schmelzpunkt von Quarz liegt bei $1\,710^\circ\text{C}$.

Quarzkristalle (Bergkristalle) können zu vollkommen durchsichtigem Quarzglas verschmolzen werden. Bergkristall und Quarzglas zeigen eine gute Durchlässigkeit für kurzwelliges Licht und werden daher zur Herstellung von Kolben für Quecksilberdampflampen, Quarzspektografen usw. verarbeitet. Neben Quarzglas können aus geschmolzenem Quarz auch torsionsfreie Quarzfäden erzeugt werden, die ihre mechanischen und elektrischen Eigenschaften bis zu einer Temperatur von $1\,090^\circ\text{C}$ beibehalten.

Quarzkristalle für die Herstellung von Schwingquarzen werden meist synthetisiert. Durch Hydrothermalsynthese werden bis zu 1 500 g schwere Quarze gezogen.

Trübes oder undurchsichtiges Quarzgut wird aus Quarzen minderer Qualität erschmolzen und zu Laborgeräten verarbeitet.

Achate werden infolge ihrer Zähigkeit zu Tiegeln, Schalen, Mörsern, Lagern und Mahleinsätzen verwendet.

Stückquarz wird mit einer Reinheit von 98–99,7% SiO_2 gehandelt.

Minerale

Quarz	SiO_2 trig. (Bergkristall, Amethyst, Rosenquarz, Rauchquarz u. a.)
Chalcedon	SiO_2 , Achat, Jaspis, Feuerstein u. a.
Opal	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Lagerstättenkundliche Stellung und regionale Verbreitung

Si ist nach O das zweithäufigste Element, welches am Aufbau der Erdkruste beteiligt ist. Es ist naturgemäß ein wesentlicher Bestandteil in einer Vielzahl von Mineralen.

Für die wirtschaftliche Gewinnung von Si sind derzeit nur Lagerstätten des Siliziumdioxids (Quarz, Quarzsand, Quarzit, Achat, Opal, Chalcedon usw.) von Interesse. SiO_2 ist in der Natur in verschiedenen Modifikationen und unterschiedlicher Genese bekannt. Hochwertiger Quarz („Bergkristall“, gesuchter Rohstoff) kann in Pegmatiten im Zuge pegmatitisch-pneumatolytischer Vorgänge gebildet worden sein. Derartiger Quarz ist aber auch durch hydrothermale Lösungen in Kluft- oder Gangfüllungen (Alpine Klüfte!) entstanden. Durch Abtragen quarzhältiger Gesteine können sich hochwertige, monomineralische Quarzsandlagerstätten bilden. (Metamorph überprägte verfestigte Quarzsande werden als Quarzit bezeich-

net.) Darüber hinaus kann mobile Kieselsäure zu Verkieselungsprozessen führen, wobei eine vollständige Verdrängung des Altbestandes möglich ist (Achat, Jaspis). Lagerstätten von Quarzen, Quarzsand, zum Teil auch von Achaten, sind zwar selten, aber weltweit verbreitet und können sich in allen geologischen Epochen gebildet haben; eine detaillierte regionale Aufführung kann daher unterbleiben.

Österreich: Der Quarz- und Quarzsandbedarf in Österreich kann nur zum Teil aus heimischen Vorkommen gedeckt werden. Die Produktion stammt zum Großteil aus Kleinbetrieben (Zelking, Melk, Anzendorf, St. Georgen an der Gusen, Bodendorf-Katsdorf u. a. o.). Hochwertiger, monomineralischer Quarzsand für die Glasindustrie ist aber weiterhin ein gesuchter Rohstoff, welcher zum Teil importiert werden muß. Derzeit laufende Aufsuchungsarbeiten lieferten bereits erste, erfolgversprechende Ergebnisse.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für Bergkristalle sind die an sich weitverbreiteten Pegmatitprovinzen der Alten Schilder der Erde. Quarzsand in verschiedener Güte für die unzähligen Anwendungszwecke ist im wesentlichen weltweit verbreitet.

Bergkristall-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 lb Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	240	klein
Brasilien	550	groß
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	nicht erhebbar	nicht erhebbar
Andere Länder mit zentralisti- sch gelenkter Markt- wirtschaft	nicht erhebbar	nicht erhebbar
Welt – Gesamt	nicht erhebbar	nicht erhebbar

Silizium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 short tons Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	630	
Kanada	90	
Frankreich	140	
BRD	70	
Indien	60	
Italien	60	
Japan	190	
Norwegen	310	
Republik Südafrika	150	
Spanien	130	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	210	Die Reserven in den Hauptproduktions- ländern stehen in Beziehung zum Bedarf. Mengenmäß- ige Abschätzungen sind nicht möglich
Andere Länder mit zentralisti- sch gelenkter Markt- wirtschaft	700	
Welt – Gesamt (gerundet)	2 740	

Substitution

Quarz (meist Bergkristall von hoher Reinheit und nicht verzwillingt) ist das beste Material zur Herstellung von Schwingkristallen. In einigen Fällen können für bestimmte Anwendungen im Bereich von Schwingquarzen und Filtern Kaliumtartrat und andere synthetische Produkte an die Stelle von Quarz treten.

Silizium kann durch mehrere Metalle und Legierungen ersetzt werden, welche allerdings kostspieliger sind. In der Halbleitertechnik und im Infrarotbereich kann Si durch Ge ersetzt werden.

Sillimanit: siehe Korund

Speckstein: siehe Talk

Steinsalz: siehe Evaporite

Strontium

Strontium ist ein silberweiß glänzendes Metall, das an der Luft unter Bildung von Strontiumoxid bald anläuft. Sein Schmelzpunkt liegt bei 768°C.

Metallisches Strontium hat bis jetzt noch keine verbreitete Verwendung gefunden. Es wird als Gettermaterial zum Abfangen von Gasresten, zum Härteln von Akkumulatorenbleiplatten, zur Entschwefelung und Entphosphorung von Stahl, zur Herstellung harter Spezialstähle und zur Kornverfeinerung beim Aluminium-Silizium-Guß verwendet.

Strontiumverbindungen werden zur Herstellung von Fernsehröhren, permanenten Ferritmagneten und in der Pyrotechnik verwendet.

Im Handel wird schwermetallfreies Konzentrat mit Coelestingehalten von mindestens 94% SrSO_4 in Säcken angeboten.

Minerale

<i>Strontianit</i>	SrCO_3
<i>Coelestin</i>	SrSO_4
<i>Strontiobaryt</i>	$(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$

Lagerstättenkundliche Stellung

Die lagerstättenkundliche Stellung des Strontiums ist äußerst komplex. Im endogenen Kreislauf kann Sr in Alkaligesteinen, Karbonatiten, in Pegmatiten und Seltenerdmineralisationen angereichert werden. Auch in hydrothermalen Vererzungungen kann bei günstigen Voraussetzungen Sr konzentriert werden. Im exogenen Kreislauf sind Sr-Mineralisationen in evaporitischen Gesteinen zu finden. Lakustrische, vulkanogen beeinflußte Salinarformationen mit Boraten führen häufig Coelestin respektive Strontianit. Epigenetische

Mobilisationen von syngenetischen Strontiumerzen im hydrothermalen Stadium sind keine Seltenheit. Manche gangförmigen Barytlagerstätten weisen erhöhte Strontiumgehalte auf. In Magnesitlagerstätten sind Strontiumanreicherungen durchaus möglich.

Regionale Verbreitung

Amerika: Strontiummineralvorkommen sind in den Vereinigten Staaten von Amerika zwar bekannt (Strontium-Hill/Kalifornien), werden aber derzeit nicht genutzt. In Kanada, Mexiko und Argentinien liegende Vorkommen können den Bedarf der USA weitgehend decken.

Afrika, Australien, Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Strontianit- und Coelestingänge werden in Algerien abgebaut. In der Sowjetunion werden Strontiumminerale im Ferghanabecken gewonnen. An Alkaligesteinssmassiven gebunden sind Sr-Erze auf der Halbinsel Kola, dem Lowzero-Massiv und den Chibine-Bergen.

Europa: In Großbritannien werden Coelestinlager, die in Keupermergeln liegen, bebaut. In Kreideserien liegende Strontianitgänge wurden in Westfalen in der Bundesrepublik Deutschland gewonnen. In Spanien (Montevive) wird Coelestin in großem Umfang tagbaumäßig abgebaut. Italien weist eine geringe Produktion an Strontiumverbindungen auf.

Österreich: In den Ostalpen wurden zahlreiche Fundpunkte von Strontiummineralen, vor allem aus Magnesitlagerstätten sowie barytführenden Blei-Zink-Erzlagerstätten bekannt. Sedimentäre Strontiumanreicherungen sind im Arlberggebiet bekannt. Vom wirtschaftlichen Standpunkt sind sie derzeit leider völlig bedeutungslos.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für Strontium sind vor allem die kaledonisch, variszisch und alpidisch geformten Orogenzonen der Erde (vor allem in Nordafrika, Großbritannien, südamerikanische Kordilleren).

Strontium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	in short tons Reserven- basis
USA	—	keine
Algerien	2 700	
Argentinien	1 200	
Italien	400	
Mexiko	16 500	
Spanien	3 500	(Große Reserven verfügbar; Detailan- gaben nicht ver- fügbar)
Großbritannien	7 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	300	
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Markt- wirtschaft	1 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	32 600	

Substitution

Die Substitution von Strontium ist zwar möglich, jedoch eine Kostenfrage. Bei der Herstellung von Farbfernsehröhren und in der Pyrotechnik kann Strontium nicht ersetzt werden.

Talk, Weißschiefer (Leukophyllit), Weißerden

Fein gemahlener Talk, Pyrophyllit, eisenfreier Chlorit (Leuchtenbergit) bzw. Gemengedieser Minerale werden als Talkum bezeichnet.

Talkum findet als Glättungsmittel, Füllstoff, Trägermittel, als Bestreuungsmittel usw. Verwendung. Als Talkumverbraucher seien folgende Industrien erwähnt: Papier- und Gummiindustrie (Füllstoff), Dachpappeindustrie (Bestreuungsmittel), chemische Industrie (Basisträger für Schädlingsbekämpfungsmittel, Puderung von Salpeterkörnern), kosmetische und pharmazeutische Industrie (Puder, Lippenstifte usw.), Lack- und Farbenindustrie (Füllmittel), elektrokeramische Industrie (Herstellung von Steatit), Zusatz zu keramischen Massen (Fliesen), Lebensmittelindustrie (Anpundern von Formen, Schokolade, Glasuren), Reisschälindustrie (Konservierungs- und Glasurmittel). Des weiteren verbrauchen die Schleif- und Poliermittelindustrie, Eisengießereien, Kunststoff- und Textilindustrie usw. Talkum.

In den Handel gelangen Talkummehle in verschiedenen Körnungen und in verschiedener Feinheit, daneben auch stückiges, handverlesenes Material.

Minerale

Talk

$Mg_3[(OH)_2/Si_4O_{10}]$
Meist jedoch Mineralgemenge aus Talk, Tremolit, Serpentin, Chlorit, Anthophyllit, Olivin, Quarz und Karbonat.

Klinochlor (Leuchtenbergit)

$(Mg, Al)_3[(OH)_2/AlSi_3O_{10}]Mg_3(OH)_6$

Steatit

„reiner Talk“ mit geringen Beimengungen von CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3

Speckstein

w. o., jedoch stärker verunreinigt

Pyrophyllit

$Al_2[(OH)_2/Si_4O_{10}]$

Lagerstättenkundliche Stellung

Die wirtschaftlichen Talkvorkommen sind an stark durchbewegte, basische, magnesiumhältige Ausgangsgesteine (meist in der Nähe von tektonischen Linien!), wie Magnesite, Serpentinite usw., gebunden. Innerhalb solcher Lagerstätten sind alle Übergänge von hochwertigem Talk bis zum unveränderten

Ausgangsgestein vorhanden. Örtlich sind aber auch in glimmerreichen Ausgangsgesteinen Talk- bzw. Weißerdeanreicherungen [Weißeerde (Leukophyllit) ist feinschuppiger Muskovit (Serizit) mit wechselnder Menge an feinstem Quarz (z. B. Weißeerde von Aspang, NÖ)] zu finden. Talk- und Weißeerdelagerstätten können auch durch kompliziert ablaufende Stoffumlagerungen, wie Magnesiummetasomatose, hohen CO_2 -Partialdruck usw. entstehen.

Regionale Verbreitung

Amerika: In Kanada wird Talk in den ausgedehnten Lagerstätten von Madoc und Timmins/Ontario sowie Broughton Station und South Bolton/Quebec, Pyrophyllit in Newfoundland gewonnen. In den Vereinigten Staaten von Amerika werden reiche Talkvorkommen im Staate New York (Gouverneur-District) bebaut. Pyrophyllit ist vor allem in North Carolina, Vorkommen von Talk, Speckstein und Pyrophyllit sind darüber hinaus in zahlreichen Staaten der USA bekannt (Kalifornien, Georgia, Montana, Texas, Vermont). Die USA sind eine der größten Talkproduzenten der Welt. Auch Brasilien fördert beachtliche Mengen an Talk.

Afrika: Afrika weist keine nennenswerte Talkförderung auf. Pyrophyllit wird bei Ottasdal/Transvaal (Südafrika) abgebaut.

Australien: Die ständig steigende Talkproduktion stammt aus Bergbauen in South Australia (Mount Fitton, Mount Lofty Ranges) und Western Australia (Meekatharra, Mount Seabrook).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion sind Talkvorkommen hoher Qualität um die Serpentinkörper bei Mursinka bekannt. In zahlreichen Magnesitlagerstätten des Uralen wird auch Talk abgebaut (Satka, Tscheljabinsk). Wirtschaftlich bedeutsame Mengen an Talk, Speckstein und Pyrophyllit werden in Japan und China (Tashichiao/Liaong) produziert. In Indien wird Talk bei Gwari (Jubbulpore-District) gewonnen.

Europa: In Jugoslawien werden Talk und Speckstein bei Pasarovic und Repovic gewonnen.

Bekannt sind die westdeutschen Talkvorkommen bei Göpfersgrün/Fichtelgebirge, wo magnesiumhältige Karbonate am Kontakt zu Graniten in Speckstein und Talk umgewandelt worden sind.

Zahlreiche Talkvorkommen sind in Finnland, Norwegen, Rumänien (Hunedoara), Italien, Frankreich (Luzenac) und Griechenland bekannt.

Österreich: Talk-, Speckstein- und Pyrophyllitvorkommen sind über das gesamte Bundesgebiet verstreut. Die im oststeirischen Kristallin am Rabenwald liegende Talklagerstätte wird derzeit abgebaut. Darüber hinaus sind jedoch zahlreiche kleinere Vorkommen in der Böhmischen Masse (Rodl-Störung), der penninischen Schieferhülle sowie der Matreier Schuppenzone bekannt. An ultrabasische Gesteine gebundene Talkmineralvorkommen sind in Hirt (Kärnten) und Kraubath (Steiermark) bekannt. Im Bereich von Magnesitlager-

stätten sind Talkminerale nicht selten und zum Teil Ziel einer Gewinnung (Oberdorf, Lassing, Mautern, Eichberg, Radenthein usw.). Viele der zur Zeit ungenützten heimischen Talkvorkommen sind untersuchungswürdig. Weißenberger Lagerstätten liegen bei Aspang (Wechsel, NÖ). Ein muskovit- bzw. chloritreicher Leukophyllit wird in Weißkirchen (Steiermark) abgebaut.

Hoffnungsgebiete

Als Hoffnungsgebiete sind vor allem die in Orogenzonen der Erde eingebundenen, stark durchbewegten Ultrabasitkörper anzusehen (Ural, Rocky Mountains, Alpen-Karpaten-Bogen). Vielfach findet man im Bereich von an Grüngesteine gebundenen Magnesitköpfen Talkmineralisationen.

Talk-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 short tons	Reservenbasis
	Bergbau- produktion	
USA	1 500	150 000
Finnland	230	10 000
Frankreich	400	10 000
Italien	200	10 000
Japan	1 500	60 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	2 200	40 000
Andere Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft	1 000	50 000
Welt - Gesamt (gerundet)	7 000	330 000

Substitution

In manchen Anwendungsfällen kann Talk durch Kaolin, Füllerden und andere anorganische Füllstoffe ersetzt werden. In der Keramik kann Feldspat an Stelle von Talk treten. Phosphatgebundener Talk ist ein brauchbarer Ersatz für Steatit, der auch durch mit Magnesiumoxichlorid gebundenen Talk oder durch phosphatgebundenen heiß gepreßten synthetischen Glimmer ersetzt werden kann.

Tantal, Niob (= Columbium)

Niob (Columbium)

Niob ist ein nicht oxidierendes, hellgraues, walz- und schmiedbares Metall, dessen Schmelzpunkt bei 2 468°C liegt.

Niob wird hauptsächlich in Form von Ferroniob und Ferro-Niob-Tantal als Stahlzusatz zur Herstellung von Hochtemperaturlegierungen verwendet, die wegen ihrer hohen Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit beim Bau von Düsenflugzeugen, Gasturbinen usw. benutzt werden. In Hartmetallen wird Niobkarbid an Stelle von Wolfram-, Titan- und Molybdänkarbid verwendet.

In den Handel gelangt Niob vor allem in Form von Eisen-Niob-Tantal-Verbindungen. Niob-Erze werden mit Mindestgehalten von 65% $\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$ 10 % angeboten.

Tantal

Tantal ist ein graues, hartes aber zähes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 2 996°C liegt.

Infolge seiner Widerstandsfähigkeit gegen chemische Angriffe wird Tantal zum Bau von Apparaturen für die chemische Industrie, zur Herstellung von Laborgeräten, Spindeln, als Werkstoff für chirurgische Instrumente, Knochennägel usw. verwendet. Tantalsulfid (TaS_2) und Tantalselenit (TaSe_2) ist Bestandteil mehrerer Festschmierstoffe. Tantaloxid und Kalium-Tantal-Fluorid werden als Katalysator zur Herstellung von Spezialglasuren verwendet.

Niob-Tantal-Legierungen werden als Supraleiter benutzt.

In den Handel gelangt Tantal vor allem in Form von Eisen-Niob-Tantal-Verbindungen.

Minerale

Tantalit	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$
Niobit	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$
Columbit	(Gemisch von Niobit und Tantalit)
Pyrochlor	$(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Nb}, \text{Ti}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F}, \text{O})$
Tapiolit	$(\text{Fe}, \text{Mn}) (\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$

Lagerstättenkundliche Stellung

Niob und Tantal sind ein geochemisch kohärentes Elementpaar und zeigen als ausgesprochen lithophile Elemente eine starke Affinität zum Sauerstoff. Niob- und Tantalerze werden vorwiegend in Pegmatiten mit pneumatolytischer Bildung abgeschieden. Tantal ist vorwiegend an Granite und Pegmatite, Niob an (vergreiste) Alkaligranite und -syenite gebunden. In Karbonatiten sind Tantal- und Niobverzerrungen relativ häufig. Von wirtschaftlicher Bedeutung können Seifenlagerstätten (Kassiterit-Columbit-Seifen) sein, vor allem wenn sie als Nebenprodukt noch andere hochwertige Rohstoffe, wie Sn, Th, W, SE usw., liefern. Nb ist auch ein mögliches Nebenprodukt der Ti- und Tonerdeproduktion.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada liegen zahlreiche wirtschaftliche, vorwiegend an Karbonatite gebundene Pyrochlorlagerstätten (Oka bei Montreal). Weitere Vorkommen in Quebec liegen bei Chicoutimi, in Ontario bei James Bay, Manitou Island, Lackner Lake u. a. Pegmatitische Tantalerze (Tantalit mit 70% Ta_2O_5 , 1,3% Nb_2O_5 und 13,2% SnO_2 !) werden in Bernic Lake/Manitoba gewonnen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika werden seit 1959 keine Niob- und Tantallagerstätten abgebaut. Vorkommen von derartigen Erzen sind in Pegmatiten und Alkaligraniten (Mount Rosa/Kalifornien) bekannt.

Mittel- und Südamerika: Weltwirtschaftlich bedeutende Nb-Vorkommen liegen im brasilianischen Staat Minas Gerais (Karbonatitstock von Araxá), in den zonar aufgebauten Pegmatiten von Volta Grande-Nazare bei São Paulo del Rei sowie in den Beryllpegmatiten im Nordosten des Landes (Borborema).

Afrika: Bedeutende Niob- und Tantallagerstätten sind in Nigeria bekannt, wo einerseits Vererzungen in vergreisten Alkaligraniten (los Plateau), andererseits aber auch in eluvialen Seifen (Naraguba) bei Bokuru und im Kaffa-Tal abgebaut werden. Reiche Vorkommen wurden kürzlich bei Lirvei Hills/Provinz Kano sowie in den Provinzen Bauchi, Zaria und Benue entdeckt. In Tansania werden an Karbonatite gebundene Anreicherungen bei Panda Hill/M'Beta gewonnen. Ähnliche Vererzungen sind in Malawi (Chilwa Island) bekannt. In der Republik Südafrika fallen bei Palabora beachtliche Mengen an Nb und Ta an.

Bedeutende Vorkommen sind darüber hinaus in Zaire in den Karbonatiten und Pegmatiten von Bingo, Lueshe und Kobokobo (weltgrößte Tantalvorräte!), Mosambique (Alto Ligonha), Uganda, Tansania, Namibia und Rwanda bekannt. Der Bikita-Pegmatit in Zimbabwe-Rhodesien führt Tantalerze. Durchaus beachtliche Mengen an Niob- und Tantalerzen fallen im Kamativi Tin Belt aus Pegmatiten an. An Karbonatite und Pegmatite sind die Niob-Tantal-Vererzungen Sambias gebunden.

Australien: Kleinere Niob- und Tantallagerstätten werden in Greenbushes (Western-Australia), Olary (South-Australia) sowie im Wodgina Tinfield abgebaut. Die Erze werden vollständig exportiert.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Reiche Niob- und Tantallagerstätten sind in den Alkaligraniten auf der Halbinsel Kola (Chibina-Lowozero-Komplex) bekannt. Auch die Pegmatitkörper des Asowschen Massivs liefern Niob- und Tantalerze. Bergbaulich genutzt werden darüber hinaus Lagerstätten im Kalbinsk-Massiv und in den Ust-Sayan-Bergen.

Geringe Mengen an Nb und Ta stammen aus Thailand (Ranong, Phuket, Uthai Thani) und Malaysia. Im Bereich des hinterindischen Zinngürtels liegen Vorkommen bei Semiling und Bakri.

In China sind tantaliführende Pegmatite bekannt.

Europa: Niob und Tantal sind vor allem in Südnorwegen (Söve) bekannt. Geringe Mengen stammen aus portugiesischen und spanischen Seifenvorkommen bzw. Pegmatiten.

Österreich: Sporadisch auftretende Niob- und Tantalminerale sind in einigen Pegmatiten der Ostalpen (Spittal/Drau) und der böhmischen Masse gefunden worden (z. B. Königsalm), sind jedoch zur Zeit nur von wissenschaftlichem Interesse. Eine eingehende Bemu-

sterung der heimischen Pegmatite wäre jedoch äußerst empfehlenswert.

Hoffnungsgebiete

Niob: Hoffnungsgebiete für Nioberze sind vor allem in den Alkaligestein- und Karbonatitkomplexen der Alten Schilde der Erde (vor allem im Afrikanischen, Brasilianischen, Indischen und Sibirischen Schild) zu erwarten.

Tantal: Die Karbonatitkomplexe Alter Schilde (siehe Niob) enthalten im Pyrochlor Tantal, das als Nebenprodukt der Nioberzeugung gewonnen werden kann. Tantalreicherungen sind in Alkaligesteinen und Pegmatitkörpern zu erhoffen.

Tantal-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	—	—
Australien	120	5 000
Brasilien	160	7 000
Kanada	300	2 000
Malaysia	10	8 000
Mosambique	70	nicht erhebbar
Nigeria	70	16 000
Thailand	35	10 000
Zaire	15	82 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	50	4 000
Andere Länder mit zentralisti- sch gelenkter Markt- wirtschaft	nicht erhebbar	nicht erhebbar
Welt – Geamt (gerundet)	830 ¹⁾	134 000 ¹⁾

¹⁾ Ohne Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft.

Substitution

Bei der Herstellung von Superlegierungen, wie von hochfesten Stählen, kann Niob an die Stelle von Tantal treten. An Stelle von Tantal kann Aluminium bei der Herstellung von Kondensatoren, Silikon, Germanium und Selen in elektrischen Gleichrichtern, Glas, Titan, Zirkon, Niob und Platin bei korrosionsfesten Geräten, Wolfram, Rhenium, Osmium, Molybdän, Iridium, Ruthenium, Hafnium, Niob und Bor bei Hochtemperaturanwendungen an Stelle von Tantal treten.

Bei der Herstellung von hochfesten Stählen kann Vanadium, von rostfreien Stählen Tantal Niob ersetzen. Molybdän, Vanadium, Wolfram, Tantal und keramische Massen können bei Hochtemperaturanwendungen an die Stelle von Niob treten.

Tellur

Tellur ist ein dem Schwefel verwandtes Element der Reihe der Halbmetalle. Einzelkristalle von Tellur besitzen gute fotoelektrische Eigenschaften. Tellur

wird Kupfer- und Bleilegierungen zur Verbesserung der Verarbeitungseigenschaften zugesetzt.

Tellurverbindungen werden gelegentlich in der Medizin, der Fotografie, der Keramik usw. verwendet. Ferrotellur kommt in Gießereien als Kohlenstoffstabilisator zum Einsatz. Bleitetellurid wird in Fotozellen und optischen Geräten verwendet.

In der Kautschukindustrie dient Tellur zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit der Produkte. Cadmiumtelluride ermöglichen eine fotoelektrische Umsetzung von Sonnenenergie in Elektrizität („thermoelektrischer Generator“).

Tellur gelangt in Stücken und als Pulver mit einer Reinheit von 99,00 bis 99,50% in den Handel.

Minerale

<i>Calaverit</i>	AuTe_2
<i>Krennerit</i>	$(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$
<i>Sylvanit</i>	$(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_4$
<i>Montbrayit</i>	Au_2Te_3
<i>Petzit</i>	$\text{Ag}_3 \text{Au} \text{Te}_2$
<i>Nagyagit</i>	$\text{Pb}_5\text{Au} (\text{Te}, \text{Sb})_4 \text{S}_{5-8}$

Lagerstättenkundliche Stellung

Tellur ist in fast allen Goldmineralien ein nachweisbarer Bestandteil, wenngleich ein Großteil der Produktion aus der Verhüttung von Nickel-, Kupfer- und Blei-Zink-Sulfiden stammt. Örtlich zeichnen sich auch Kohlen durch erhöhten Gehalt an Tellur aus. Die konzentrisch aufgebauten Eisen-Mangan-Knollen der Tiefsee usw. sind u. a. vielleicht als künftige Tellurquellen anzusehen.

Regionale Verbreitung

Amerika: Tellur fällt weitgehend bei der Verhüttung sulfidischer Erze an (USA: Verhüttung von Blei-Zink-Erzen; Kanada: Verhüttung von Kupfererzen aus Flin-Flon, Noranda/Quebec, Nickelerzen von Sudbury; Peru: Erze aus Cerro de Pasco).

Afrika: Geringe Mengen werden bei der Verhüttung von Erzen in Zaire und Sambia gewonnen.

Australien: Weist seit 1964 keine Produktion auf.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Beträchtliche Mengen an Tellur werden in der Sowjetunion produziert, auch Japan erzeugt bei der Verhüttung von Sulfiderzen Tellur.

Österreich: Viele Goldvererzungen der Ostalpen sind tellurführend. Bleiglanze, Fahlerze und Pyrite mancher ostalpiner Lagerstätten weisen relativ hohe Tellurgehalte auf. Eine detaillierte Untersuchung derartiger Lagerstätten auf Tellur steht noch aus.

Hoffnungsgebiete

Tellur wird auch in absehbarer Zukunft nur als Beiproduct von Komplexerzlagerstätten (Cu, Ni, Pb-Zn, Au) gewonnen werden können. Diesbezüglich sei

auf die entsprechenden Kapitel verwiesen. Möglicherweise wird in Zukunft auch den tellurführenden Manganknollen der Tiefsee eine gewisse Bedeutung zukommen.

Tellur-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Hüttenproduktion in 1 000 lb	Reservenbasis
USA	vertraulich	20 000
Kanada	60	70 000
Fidschi	50	nicht verfügbar
Hongkong	100	—
Japan	170	—
Peru	30	7 000
Andere	nicht verfügbar	87 000
Welt – Gesamt (gerundet)	410 ¹⁾	122 000

¹⁾ Außer USA.

Substitution

Für metallurgische Zwecke kann Tellur durch Selen, Wismut und Blei, in der Gummiindustrie und für chemische Zwecke durch Selen und bei der Anwendung für elektronische Geräte durch Selen und Germanium ersetzt werden.

Terbium: siehe Seltene Erden

Thallium

Thallium ist ein an frischen Schnittflächen weißglänzendes, an der Luft rasch grau anlaufendes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 303° C liegt.

Thallium wird industriell aus Röstrückständen (Staub u. dgl.) von Pyrit und anderen Sulfiderzen gewonnen.

Thallium dient als Zusatz zu Bleilegierungen (20 bis 65%), wobei es die Korrosionsbeständigkeit und Härte des Bleis erhöht. Silber zulegiert (10 bis 22%) verhüttet es dessen Schwärzung in der Luft. Thalliumamalgam gefriert bei einer Temperatur von -58° C und wird aus diesem Grunde zur Herstellung von Tieftemperaturthermometern verwendet. Thalliumarsenid, Thalliumselenid und Thalliumtellurid finden als Halbleitermaterialien Verwendung. Thalliumverbindungen (Thalliumsulfat, Thalliumkarbonat usw.) werden wegen ihrer hohen Toxizität in der Schädlingsbekämpfung und Holzimprägnierung eingesetzt. Eine Schwereflüssigkeit, die sogenannte Clericische Lösung (Thalliumformiat + Thalliummallonat), dient zur Mineralabtrennung. Weitere Einsatzmöglichkeiten für Thallium ergeben sich in Metalldampflampen, der Schmelzpunktniedrigung und schließlich der Erhöhung des Lichtbrechungsvermögens von Gläsern.

Metallisches Thallium kommt in Form von Blöcken und Stengeln (mit 99,7 bis 99,999% Thallium) in den

Handel, Thalliumsulfat als Pulver oder in größeren Kristallen. Daneben werden auch Thalliumphosphat, Thalliumjodid und Thalliumbromid gehandelt.

Minerale

<i>Crookesit</i>	$(\text{Cu}, \text{Ag}, \text{Ti})_2\text{Se}$
<i>Lorandit</i>	TeAsS_2
	(siehe auch Blei-, Zinkminerale)

Lagerstättenkundliche Stellung

Thallium ist in fast allen Blei-Zink-Lagerstätten angereichert (manche Schalenblenden), weshalb auf die lagerstättenkundliche Stellung der Blei-Zink-Lagerstätten hingewiesen werden soll. Örtlich erweisen sich aber auch Kohlenaschen als thalliumführend. Bekannt sind die erhöhten Thalliumgehalte in Manganknollen des Pazifiks.

Regionale Verbreitung und Hoffnungsgebiete

Siehe Kapitel Blei – Zink.

Thallium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion in lb	Reservenbasis in Zinkerzen
USA	vertraulich	200 000
Übrige Welt	nicht verfügbar	1 000 000
Welt – Gesamt (gerundet)	nicht verfügbar	1 200 000

Substitution

In der Giftigkeit des Thalliums liegt die verstärkte Substitution begründet. Bei der Herstellung von Giften kann Thallium durch organische Chemikalien ersetzt werden. Eine Substitution ist auch auf dem Gebiete der Legierungsherstellung und in der Halbleitertechnik möglich.

Thorium: siehe Uran

Thullium: siehe Seltene Erden

Titan

Titan ist ein blaugraues, in hochreiner Form duktile Metall, das sich durch geringes spezifisches Gewicht und hohe Korrosionsbeständigkeit auszeichnet. Sein Schmelzpunkt liegt bei 1 678°C. Zirka 94% der Bergwerksproduktion wird als Titanoxid, Titanweiß, zur Farbherstellung, 5% als Metall oder Legierungen und 1% in Form des Oxides zur Herstellung von

Schweißelektroden verwendet. Auf Grund seiner Korrosionsbeständigkeit gewinnt Titan im chemischen Apparatebau zunehmend an Bedeutung. Seine große Festigkeit und die hohe Streckgrenze machen es zu einem vorteilhaften Konstruktionsmaterial für die Luft- und Raumfahrttechnik. Der Maschinenbau bedient sich des Titans für die Herstellung von Bauteilen, die hohen Beschleunigungskräften ausgesetzt sind. Zur Erzielung spezieller Eigenschaften werden geringe Mengen von Eisen- und Nichteisenmetalllegierungen zugesetzt. Bei der Stahlerzeugung wird es als Desoxidationsmittel verwendet.

Große technische Bedeutung haben auch Titanverbindungen wie Titankarbid zur Erzeugung von Hartmetallen und Erdalkalititanate als keramische Werkstoffe. Für die Elektrik dient Titanchlorid als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Titan und Titandioxid usw. Titanoxid dient als Ersatz für Zinklithopone. Salze werden in der Zeug- und Lederfärberei als Bleichmittel verwendet. BaTiO_3 und SrTiO_3 werden wegen ihrer piezoelektrischen und dielektrischen Eigenschaften in der Elektronik als Kondensatorwerkstoff, zur Ultraschallerzeugung, zur Informationsspeicherung usw. benutzt.

Titan gelangt in Form von Titanschwamm mit Gehalten von 99 bis 99,6% sowie als umgeschmolzenes Metall in Blöcken und Barren bis zu einem Gewicht von 10 t unlegiert und legiert in den Handel. Ferrotitan wird in einer kohlenstoffarmen und kohlenstoffreichen Variante mit Gehalten von 38 bis 40% Ti, wobei der Al-Gehalt maximal 4,5% betragen darf, angeboten.

Daneben werden auch Ilmenitkonzentrate mit 35 bis 61% TiO_2 sowie Rutilkonzentrate mit 90 bis 98% TiO_2 gehandelt.

Minerale

<i>Ilmenit</i>	FeTiO_3
<i>Rutil</i>	TiO_2
<i>Anatas</i>	TiO_2
<i>Titanit (Sphen)</i>	$\text{CaTi}[O/\text{SiO}_4]$
<i>Leukoxen</i>	Umwandlungsprodukt von Ilmenit oder Titanomagnetit, vorwiegend aus Rutil und Titanit bestehend

Lagerstättenkundliche Stellung

Ilmenit ist als liquidmagmatische Ausscheidung vielfach in Schlieren und Lagern in basischen und ultrabasischen Gesteinen (Gabbros, Noriten, Pyroxeniten) zu finden. Auch Magnetitlagerstätten ähnlicher Entstehung führen mitunter beträchtliche Mengen an Ti (Titanomagnetit) und V. Rutil, Titanit und andere Titanminerale sind relativ häufige Mineralkomponenten in metamorphen Gesteinen, können aber auch in Pegmatitkörpern auftreten. Sekundäre Anreicherungen von Titanerzen in Seifen sind vor allem wegen anderer Schwerminerale (Seltene Erden, Zirkon usw.) gesuchte Rohstoffquellen.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada werden verschiedenorts schlierige Ilmenitkörper in basischen, präkambrischen Gesteinen gewonnen (Allard Lake/New Brunswick usw.). Auch in den Vereinigten Staaten, einem der weltgrößten Ilmeniterzproduzenten, werden ähnliche Lagerstätten, zahlreiche Seifenlagerstätten in den verschiedenen Staaten (Trail-Ridge/Florida) bergbauisch genutzt. In Manchester Township/New Jersey werden jährlich etwa 165 000 t an Titanerzen abbaut.

Mittel- und Südamerika: In Brasilien wird Titan in zahlreichen Seifenlagerstätten (Ilmenit und Rutil) in Goias, Bahia und Espírito Santo gewonnen. In Minas Gerais ist darüber hinaus ein Anatasvorkommen im Stadium der Erschließung.

Afrika: In Afrika werden derzeit nur geringe Mengen an Titanerzen gewonnen. Titanhaltige Erze werden allerdings zur Vanadiumgewinnung abgebaut (Bushveld!). Ilmenit- und rutilführende Seifen werden in Mosambique (Beira) und im Nildelta Ägyptens beschürt. In Sierra Leone sollen ab 1980 Rutilseifen abgebaut werden (Ghangbama Plant). Eine rutil- und zirkonführende Seifenlagerstätte in der Republik Südafrika (Richards Bay) wird seit 1978 abgebaut. Auch im Kamerun werden Rutilseifen beschürt (Banyo, Nanga Eboko, Ebolie).

Australien: Die reichsten Rutilseifenlagerstätten der Erde liegen an der Ostküste des Kontinents zwischen Clinton und Brisbane (Stradbroke Island, Meeandah, Southport, Hawks Nest, Hexham, Tomago), um New Castle sowie an der Westküste bei Bunbury und Geraldton. Ilmenit und Rutil werden aus dem Enneaba-Gebiet gewonnen. Die Ilmenitseifen in Neuseeland werden aus qualitativen Gründen zur Zeit nicht bebaut.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion sind zahlreiche Seifenlagerstätten im südlichen Ural, Kasachstan, der Ukraine und Sibirien bekannt. In Indien werden Titanerze aus marinen Seifen bei Kerala (Travancore) und Tamil Nadu gefördert. Titan wird auch aus Titanomagnetitlagerstätten von Singbhum/Bihar u. a. als Beiprodukt gewonnen. Ilmenit und Rutil werden in Chavara und Manavalakurichi abgebaut. Trotz großer Vorräte ist die Produktion gering. In Thailand wird Ilmenit als Beiprodukt der Zinnerzgewinnung in Rayong gewonnen.

In Sri Lanka werden Titanerze bei Pulmoddai aus Seifen gefördert. Daneben wird auch Titan aus Leukoxen gewonnen. In Malaysia wird Ilmenit teilweise im Tagbau beschürt.

Europa: In Norwegen (größte Ilmenitreserven der Erde!) werden in Noriten liegende Ilmeniterzkörper bei Tellnes abgebaut. Weitere bedeutende Lagerstätten liegen in Hauge i Dalane. Schweden verfügt über ähnliche Lagerstätten bei Smalands Taberg. In Finnland wird ein Ilmeniterzkörper bei Otanmäki beschürt. Titanführende Schwermineralanreicherun-

gen sind an der niedersächsischen Küste bekannt. Bei Laska Mahala (Serbien) wurden über 1 Mio t Titanerze entdeckt, die Abbaubedingungen sollen günstig sein.

Österreich: Bauwürdige Titanerzlagerstätten sind in den Ostalpen (noch) nicht bekannt, obwohl manche metamorphe Gesteinsserien beträchtliche Mengen an Rutil beinhalten (z. B. Falbenschiefer des Kitzbüheler Horns usw.).

Hoffnungsgebiet

Solange Ti aus Seifenlagerstätten relativ billig gewonnen werden kann, sind liquidmagmatische Titananreicherungen kaum wirtschaftlich, sofern nicht andere Beiprodukte mitgewonnen werden können. Hoffnungsgebiete für Seifenlagerstätten sind peripher um die Titanomagnetit-Lagerstätten der Alten Schilde der Erde gruppiert (vor allem Indien, Australien, Brasilien!).

Titan- und Titandioxid-Welt-Produktion 1979 (geschätzt)

		Schwammproduktion	in short tons	
			Kapazität	1979
		Schwamm	Pigment	
USA	vertraulich	23 500	1 002 000	
BRD	—	—	364 000	
Großbritannien	2 600	3 000	276 000	
Japan	14 000	15 400	237 000	
Frankreich	—	—	88 000	
Finnland	—	—	88 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	—	—	521 000	
Andere Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft	40 000	43 000	200 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	56 600 ¹⁾	84 900	2 776 000	

¹⁾ Außer USA.

Substitution

Für die Verwendung als Konstruktionsmaterial in der Luft- und Raumfahrt ist eine Substitution nicht möglich. In anderen Anwendungsbereichen kann Titan mitunter durch Nickel ersetzt werden.

Tone: (Kaolin, Illit, Montmorillonit, Bentonit)

Eigenschaften und lagerstättenkundliche Stellung

Je nach Eigenschaften wird zwischen feuerfesten Tonen, expandierenden Tonen, Bentoniten sowie Lehmen und Tonschiefern unterschieden. Während die lagerstättenkundliche Stellung der Tone zumeist recht einfach ist, ist deren mineralogische Zusammensetzung äußerst komplex. Tone entstehen vorwiegend durch Zersetzung von feldspat- und glimmerführenden kristallinen Ausgangsgesteinen (z. B. Graniten), seltener durch hydrothermale oder vulkanogene Vorgänge.

Tone enthalten örtlich noch unzersetzte Ausgangsmaterialien. Die Größe der Tonmineralien ist stets kleiner als 20 µm.

Feuerfeste Tone weisen hohe Kaolin-, Illit- und Montmorillonitgehalte auf. Nichtfeuerfeste Tone (Töpfertone) sind stets arm an Kaolin. Die Eigenschaften von Kaolintonen werden im wesentlichen durch das Hauptmineral, den Kaolinit, bestimmt. Neben diesem enthalten die handelsüblichen Sorten Feldspat, Quarz, Glimmerminerale, Montmorillonit, Illit bzw. Mixed-layer-Minerale, Titanminerale usw. Für die technische Verwendung ist das Verflüssigungsverhalten sowie das Ionenaustauschvermögen, das wiederum von der mineralogischen Zusammensetzung des Produktes abhängt, von ausschlaggebender Bedeutung. Kaolin ist der Hauptrohstoff für die Keramik, wo er besonders für die Erzeugung von Porzellan verwendet wird. Als Füllstoff wird Kaolin in der Papier-, Kunststoff-, Kautschuk-, Farben- und chemischen Industrie benutzt. Eine spezielle Anwendung ist die Herstellung von Trägermaterial für Insektizide. Für feinkeramische Zwecke ist neben einer hohen Plastizität und Feuerfestigkeit (>1 300° C), geringer TiO₂-Gehalt und ein geringerer Fe₂O₃-Gehalt (<1%) erforderlich.

Tone, welche unter plötzlicher hoher Temperatureinwirkung (1 200 bis 1 300° C) expandieren („blähen“), werden als Blähtone bezeichnet. Diese weisen hohe Gehalte an SiO₂ und Flußmitteln sowie Illit bzw. Mixed-layer von Illit+Montmorillonit auf.

Gelbildende, das quellende Tonmineral Montmorillonit enthaltende Tongesteine werden als Bentonite bezeichnet (nach dem Vorkommen Benton/Arkansas/ USA). Diese entstanden aus veränderten vulkanischen Tuffen. Nicht quellfähige, kalium- und kalziumhältige Bentonite werden auch als Smektit bezeichnet.

Bentonit wird zur Entfärbung und Reinigung von Margarine, Speiseölen, Mineralölen, zur Stabilisierung von Bier, zur Schönung von Säften und Weinen, als Füllstoff, als Träger für Insektizide und Katalysatoren, als Bindemittel für Öl, als Feuerlöschpulver und als Adsorbens für radioaktive Stoffe benutzt. Bei Erdölbohrungen dient Bentonit als Zusatz zu Dickspülungen, im Tiefbau als Gleit- und Stützmittel für Schlitzwände sowie zum Abdichten von Erddämmen. In der Farben- und Lackindustrie werden ebenfalls beachtliche Mengen an Bentonit benötigt.

Durch aquatische Umlagerung können hochwertige, wirtschaftliche Tonvorkommen entstehen. Durch Einwirkung von Druck und Temperatur entstehen Ton-schiefer. Die Gewinnung von Tonen erfolgt im Tagbau, hochwertige Tone werden allerdings auch im Tiefbau gebaut. Hochwertigen Al₂O₃-reichen Tonen wird künftig ein besonderer Stellenwert vor allem bei der Al-Gewinnung zugemessen werden müssen.

Bentonit für Gießereizwecke kommt gemahlen (85% unter 200 mesh) in den Handel. Daneben werden stückige Qualitäten angeboten. Walkerde (Fuller's Earth) ist mit Soda behandelter Bentonit und wird in Gießereiqualität sowie in der Qualität „Civil engineer-

ring grade“ verkauft. Ton wird in den Qualitäten „Steinzeugton“, Tonstein getrocknet, gebrochen, mitunter windgesichtet angeboten.

Minerale

Kaolinit, Halloysit, Dickeit,

Nakrit

Al₄[(OH)₈/Si₄O₁₀]

Montmorillonit

(Al_{1,67}Mg_{0,33})[(OH)₂/Si₄O₁₀]Na_{0,33}(H₂O)₄

Illit

Regionale Verbreitung

Tone verschiedenster Zusammensetzung und Güte sind auf der gesamten Erde verbreitet, weshalb eine detaillierte Aufführung unterbleiben kann.

Österreich: Wirtschaftliche Vorkommen hochwertiger Tone sind in Österreich selten. Kaolinvorkommen liegen vorwiegend im Kristallin der Böhmisches Masse (Kriechbaum, Weinzierl/OÖ, Mellersbach und Niederfladnitz/NÖ). Lagerstätten von Tonen befinden sich im Raum von Gleichenberg (tertiärer Vulkanismus!). Feuerfeste Tone sind gleichfalls in der Böhmischem Masse und im südsteirischen Raum sowie im Burgenland vorhanden. In enger räumlicher Verbindung mit Kohlen der oberösterreichischen Molassezone stehen Vorkommen hochfeuerfester Tone im Wolfsegg-Traunthaler Kohlenrevier. Blähtone werden derzeit nur in Fehring (Steiermark) und Andorf bei Schärding (OÖ) genutzt. Bentonitvorkommen liegen vorwiegend in jungtertiären Sedimenten der Steiermark (Rein, Fohnsdorf, Ehrenstraden u. v. a.).

Illitische, blähfähige Materialien können, wie neueste Untersuchungen zeigten, auch aus der Serie der paläozoischen Wildschönauer Schiefer und anderer Schiefer gewonnen werden und stehen in nahezu unbegrenzter Menge zur Verfügung.

Hoffnungsgebiete

Tone (mit Ausnahme von Ton für spezielle Anwendungszwecke) sind weltweit verbreitet.

Welt-Bergbauproduktion

Daten nicht erhebbar.

Substitution

Tone sind nur in äußerst geringem Maße substituierbar.

Traß: siehe Perlit

Uran, Thorium

Uran

Uran ist ein radioaktives, in reinem Zustand silberweißes, schweres Metall, dessen Schmelzpunkt bei

1132°C liegt. Als Natururan wird eine Mischung von ^{235}U mit ^{238}U bezeichnet. ^{235}U ist der wichtigste Kernbrennstoff.

Für technische Zwecke wird Uran verwendet, dem der ^{235}U -Anteil entzogen wurde – abgereichertes Uran.

Abgereichertes Uran findet als Strahlenschutzmaterial, als Zusatz zu Katalysatoren und Stahllegierungen Verwendung.

Uranverbindungen dienen zum Färben von Gläsern, zur Schwärzung von Porzellanglasuren, zur Tönung von Fotografien und als Beize in der Textilfärberei.

Uranerze gelangen mit durchschnittlich 0,4% oder als Konzentrat mit 70 bis 80% U_3O_8 in den Handel.

Thorium

Thorium ist ein radioaktives, graues, in reinem Zustand weiches, dehnbare Metall, dessen Schmelzpunkt bei 1750°C liegt.

Als Oxid oder Dikarbid mit Uran gemischt es dient als Brutstoff für Hochtemperaturreaktoren. Reines Thorium wird als Getter im Elektronenröhren- und Quecksilberdampflampenbau verwendet. Legierungen zugesetzt, erhöht es deren Zunder- und Wärmefestigkeit. Platin-Thoriumlegierungen werden als Katalysator für die Ammoniakverbrennung genutzt. Thoriumzusätze verbessern die optischen Eigenschaften von Gläsern.

Minerale

<i>Brannerit</i>	$(\text{U}, \text{Ca}, \text{Th}, \text{Y})$ $[(\text{Ti}, \text{Fe})_2\text{O}_6]$
<i>Uraninit</i>	UO_2
<i>Pechblende</i>	UO_2
<i>Carnotit</i>	$\text{K}_2[(\text{UO}_2)_2/\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
<i>Autunit</i>	$\text{Ca}[\text{UO}_2/\text{PO}_4]_2 \cdot 8 - 12\text{H}_2\text{O}$
<i>Gummit</i>	Gemenge von Pb-Uranyl-Oxiden, Th, (ohne feste Formel)
<i>Uranocircit</i>	$\text{Ba}[\text{UO}_2/\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
<i>Torbernit</i>	$\text{Cu}[\text{UO}_2/\text{PO}_4]_2 \cdot 8 - 12\text{H}_2\text{O}$
<i>Thucholith (Carburan)</i>	bituminöse komplexe Verbindung von U, Th, SE und Kohlenwasserstoffen
<i>Uranophan</i>	$\text{CaH}_2[\text{UO}_2/\text{SiO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
<i>Coffinit</i>	USiO_4

Lagerstättenkundliche Stellung

Uran- und Thoriumvererzungen können verschiedenartig gebildet bzw. angereichert worden sein. Am meistverbreitetsten ist zweifelsohne der Sandsteintyp (Colorado-Plateau) mit rund 33% der bekannten Weltreserven. Solche Lagerstätten beinhalten meist

zwischen 0,1 bis 0,5% U_3O_8 , Einzelvorkommen können zwischen 5 000 und 100 000 t gewinnbare Vorräte an Uran aufweisen. Nachfolgende Stoffkonzentrationen und Umlagerungen, wie Anreicherungen durch biogene Reduktionsmittel im Bereich von Grundwasserströmungen, sind häufig zu beobachten (Roll Front). Im Bereich sauerstoffhaltiger Kluft- und Grundwässer nahe der Erdoberfläche werden primäre Uranminerale von der vierwertigen in die sechswertige Stufe aufoxidiert und in Form von Hydroxiden, Sulfaten oder Karbonaten als Uranylkomplex gefällt. Etwa 20% der bekannten Uranerzlagerstätten sind an präkambrische („oligomikte“) Konglomerate Alter Schilde (Typus Witwatersrand, Blind River) gebunden. Diese Lagerstätten, welche zumeist zwischen 0,01 bis 0,15% U_3O_8 enthalten, können beachtliche Dimensionen erreichen.

Im Bereich reduzierender Ablagerungsverhältnisse (Faulschlammilieu, „Schwarzmeertyp“) kann Uran in den Sedimenten fixiert werden. Ähnlicher Entstehung ist auch die Anreicherung von Uran in Phosphatlagerstätten. Derartige, durch Reduktion entstandene Uranvererzungen weisen einen Anteil von zirka 15% der Weltreserven auf. Diese Lagerstätten können zwischen rund 10 000 und 300 000 t gewinnbarem Uran (0,01 bis 0,08% U_3O_8) führen. Viele Braunkohlenlagerstätten zeichnen sich durch eine diskrete Uranführung aus (zum Teil Gewinnung aus Aschen!).

Gangförmige, oft heißhydrothermal gebildete Uranvererzungen sind auf saure granitische Intrusionen zurückzuführen (meso- bis katazonale Pechblende-Uraninit-Vererzungen einer U-Bi-Co-Ni-Ag-Formation, Typus Joachimsthal). In der pegmatitisch-pneumatolytischen Vererzungsphase werden örtlich Uran-, aber auch Thoriumminerale in Pegmatiten konzentriert (Bayrischer Pfahl!). Gangförmige Uran-Thorium-Vererzungen können bis zu 2% an U_3O_8 führen. Sie sind mit rund 17% an den bekannten Weltreserven beteiligt.

Auch im intramagmatischen Stadium können Uranerze angereichert werden (Typus Rössing). Solche Lagerstätten, welche bis zu 100 000 t an Erz führen können, stellen rund 13% der bekannten Weltreserven dar. Uranerze können aber auch an saure, intermediäre Vulkanite gebunden sein (Typus südamerikanische Kordilleren). Schwer bzw. unlösliche Thorumerze, welche primär oft feindispers in granitoiden (oft präkambrischen) Gesteinen bzw. Pegmatiten liegen, können nach Abtragung in Seifenlagerstätten sekundär angereichert werden (Monazit!).

In ariden Klimaten können Uranylvanadate (Carnotite u. a.) in unregelmäßigen linsigen Körpern und flachen Mulden des zumeist kristallinen Grundgebirges mit Sanden und Tonen abgesetzt werden. Derartige Urananreicherungen werden als „Calcretetyp“ bezeichnet. Viele Uranerzlagerstätten fallen in ihrer Verwitterungszone durch lebhafte Oxidationsfarben auf.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada liegen mit rund 630 000 t gewinnbaren U_3O_8 zirka 10% der bekannten Weltreser-

ven. Diese sind auf Lagerstätten in Ontario (42%), Saskatchewan (35%) und den Northwest Territories (14%) verteilt. In den Northwest Territories liegen heißhydrothermale gangförmige Uran-(Pechblende) Lagerstätten im Bereich der Bear Province (Great Bear Lake, Dismal Lakes) sowie der Slave Province (Slave Lake). Weitere bedeutende Lagerstätten liegen in der Churchill Province (Baker Lake, Yathkyed Lake, Dubawnt Lake, Schultz Lake, Amer Lake). In British Columbia liegt die Kordillerenprovinz mit den Lagerstätten von Birch Island und Kelowna-Beaverdell. Flußspatführende Uran-Thorium-Vererzungen werden in Rexpart abgebaut. Von enormer Bedeutung sind zweifelsohne die Uranerzlagerstätten des Athabasca-Beckens in Saskatchewan, welche teils als Sandsteintyp ausgebildet sind, teils in Konglomeraten oder Pegmatiten liegen (Bereich nordwestlich, nördlich und nordöstlich Athabasca Lake, Carswell Structure, Kay Lake Area, Wollaston Lake Belt, Rabbit Lake Area). Gangförmige Uranlagerstätten werden in Beaverlodge/Saskatchewan gebaut. Größtenteils gangförmige Uranvererzungen (zum Teil in Pegmatiten!) werden in Ontario (Bancroft, Sharbot Lake, Agnew Lake, Cobalt Embayment, Lake Nipissing und anderorts) gewonnen. Uranführende, präkambrische Konglomerate und Sandsteine werden am Elliot Lake und Blind River genutzt.

In den Vereinigten Staaten von Amerika (größte Uranerzverbraucher!) sind in den Staaten Colorado und New Mexico bedeutende Uranvererzungen in Sandsteinen jurassisches-kretazischen Alters des Colorado-Plateaus Ziel reger Bergbauaktivität (Grants Mineral Belt, Ambrosia Lake, Laguna-District; Yuma; Uravan Mineral Belt [mit Vanadium!]; Big Indian Wash; Front Range). An Sandsteine kretazisch-tertiären Alters gebunden sind die Uranvererzungen von Wyoming (Powder River Basin, Black Hills, Gas Hills, Crooks Cap, Poison Basin-Baggs, Pryor Mountains, Shirley Basin, Copper Mountains) sowie South Dakota (Cave Hills). Hydrothermale Uranvererzungen werden in der Schwartzwalder-Mine/Colorado abgebaut.

Aus polymetallischen Erzen wird in Cœur d'Alene/Idaho und Marysvale/Utah (mit Flußpat) Uran gewonnen. Beachtliche Mengen an Uranerzen liegen im San Juan County/Utah. Am Kontakt von Graniten zum Nebengestein liegende Uranvererzungen sind im Spokane-District bei Midnite/Washington bekannt. Uran-Thorium-Vererzungen wahrscheinlich ähnlicher Entstehung werden in der Ross-Adams-Mine/Alaska abgebaut.

Aus bituminösen Schiefern werden in Chattanooga Uranerze gewonnen. In Florida (Bone-Valley-Formation) sind uranführende Phosphatlagerstätten bekannt. Ähnliche Lagerstätten liegen in Idaho und North Carolina. Geringe Mengen an Uran werden auch bei der Verhüttung porphyrischer Kupfervererzungen gewonnen (Bingham/Utah). In Ligniten liegende Uranvererzungen sind in South Dakota bekannt. An Syenite gebunden sind die Uranvererzungen von Illimausaq/Grönland.

Mittel- und Südamerika: Ein wichtiger Produzent an Uran- und Thoriumerz ist Brasilien mit Lagerstätten in Rio Grande do Norte, Paraiba (Espinharas), Bahia (Lago Real), Minas Gerais (Pocos de Caldas), Espírito Santo, Parana (Figueira), Goias (Campos Bellos, Amorinopolis) und Ceara (Itataia). Die wichtigste Quelle an Thoriumerzen stellen Monazitsande dar. In Argentinien werden stratiforme und gangförmige Uranvererzungen in mehreren Lagerstätten abgebaut (Don Otto, Martin M. de Guernes, Los Bathos, Emmy/Salta sowie Bergbaue in La Rioja, Sierra de Cordoba/Mendoza). Thoriumführende Erzgänge werden in Rio Tercero, thoriumführende Seifen in Cordoba beschürft.

In Mexiko werden in den hydrothermalen Komplexerz-lagerstätten in Chihuahua, Sonora und Durango sowie bei Placer de Guadelupe auch Uran-Thorium-Erze gewonnen. Pegmatitische Lagerstätten wurden in Santa Ana/Oaxaca entdeckt.

An tertiären, saure bis intermediäre Vulkanite der südamerikanischen Kordilleren gebunden sind die Uranerzlagerstätten von Sierra Pena Blanca, El Mesquite (Mexiko), Cumbe (Ecuador), Tambo Que-mado (Peru) und Los Frailes, Cotaje (Bolivien). Lagerstätten des Sandsteintyps liegen in Malargüe und in der Sierra Pintada (Argentinien). Kolumbien verfügt über häufige Bereiche von Uranerzvorkommen bei Quitame/Cundinamarca, Zapatoca/Santander und Berlin/Caldas.

Afrika: Beachtliche Mengen an Uranerzen werden in Südafrika aus dem präkambrischen Witwatersrand-Konglomerat als Beiproduct der Goldproduktion gewonnen. Darüber hinaus wurde Ende 1979 mit der Produktion primärer Uranerze aus der Lagerstätte von Afrikander Lease begonnen. Ab 1982 soll die Lagerstätte von Beisa in Betrieb gehen. In Palabora werden an Karbonatite gebundene uranführende Komplexerze abgebaut.

Namibia verfügt über bedeutende Uranerzlagerstätten, wie z. B. jene von Rössing (4 500 jato U_3O_8). Die Uranerzlagerstätte Langer Heinrich wird zur Zeit erschlossen, jene von Trekkopje näher untersucht. In Zaire (Katanga) wurden heißhydrothermale Pechblende-gänge und Verwitterungserze in der Lagerstätte von Shinkolobwe (mit Co, Ni) abgebaut. Diese heute stillgelegte Lagerstätte gilt als ausgeerzt, lieferte jedoch zwischen 1922 und 1960 zeitweilig bis zu 70% der Jahresproduktion der westlichen Welt (über 33 000 t U_3O_8). Im Karroo System Zambias liegen zahlreiche Uranvererzungen (Bungua Area).

Urananreicherungen in präkambrischen Sandsteinen werden in zunehmendem Umfang in Gabun (Franceville, Mounana, Sandsteintyp!) genutzt. Monazitsande sind darüber hinaus in Nyasaland sowie in Ghana bekannt. Dawidtgänge werden in Mozambique (Tete) beschürft. Hydrothermale Uranvererzungen und solche des Sandsteintyps werden in Niger abgebaut. Erfolgte die Produktion bis 1977 ausschließlich aus der Lagerstätte von Arlette (Arlit), wird nunmehr auch in

der Lagerstätte von Akouta Uranerz abgebaut. Die größte Lagerstätte, Imouraren (zirka 70 000 t Reserven U₃O₈) soll ab 1984 abgebaut werden. In Somalia sind Uranvererzungen in der Merca-Serie (Miozän) bekannt. Mehrere Uranerzvorkommen wurden in den letzten Jahren im Upper Benue Valley in Nigeria entdeckt.

In der Republik Togo liegen an Gneisserien gebundene Uranvererzungen. Uranführende Fluorapatite werden in Bakouma (Zentralafrikanische Republik) gewonnen. Auf Madagaskar werden Uran-Thorium-Anreicherungen in Form von Seifen bei Fort-Dauphin beschürt. In Folakara sind mehrere Carnotitvererzungen bekannt. Uranocircitlagerstätten liegen bei Antsirabe. Seifenförmige Uran-Thorium-Anreicherungen werden auch im Nildelta Ägyptens beschürt. Gangförmige Uranvererzungen sind im Wadi Um Gir (Ägypten) nachgewiesen worden. Kluftförmige Uranerzlagerstätten sind im Hoggar-Massiv (algerische Sahara) bekannt. In der Lybischen Wüste werden zum Teil umfangreiche Explorationsarbeiten auf Uranvererzungen im Bereich von Murzuq und Kufra durchgeführt. In Marokko laufen zur Zeit umfangreiche Explorationsarbeiten auf Uranerze bei Wafaga u. a. o. In der Republik Tschad werden ausgedehnte Uranvererzungen vermutet.

Die nordafrikanischen Phosphatlagerstätten in Marokko, Algerien und Tunesien gelten auch als potentielle Uranquelle. Ebenfalls an Phosphate gebunden sind die Uranvererzungen von Cabinda (Angola).

Australien: Obgleich derzeit nur in der Grube von Mary Cathleen, nordöstlich von Mount Isa in Queensland, kontaktmetamorph überprägte, gangförmige Uranvererzungen abgebaut werden, verfügt Australien über enorme Reserven. Weitere bedeutende Lagerstätten von Uranerzen sind in Queensland in Maureen und Ben Lomond bekannt. In Northern Territory wird zur Zeit die gangförmige Lagerstätte von Ranger erschlossen. Die hochwertigen Uranerze der Lagerstätte Nabarlek werden abgebaut und vorläufig auf Lager gelegt. Der Abbau von Uranerzen aus den Lagerstätten von Jabiluka (in präkambrischen Konglomeraten) und Kongaara soll in wenigen Jahren aufgenommen werden. Pechblendegänge sind in Rum Jungle und South Alligator River bekannt. In Western Australia ist die Lagerstätte von Yeelirrie (Calcrete) zur Zeit in Erschließung und soll ab 1984 produzieren. Weitere Uranvererzungen sind erst im Stadium der Untersuchung (Lake Way, Mount Joel, Lake Raeside, Thatchers Soak, Minindi Creek).

In South Australia liegen zahlreiche Uranerzlagerstätten, die jedoch zur Zeit noch nicht abgebaut werden, wie Mount Painter, Beverly, Goulds Dam, Honeymoon, East Kalkaroo und Roxby Downs (größte Lagerstätte Australiens?). Dawidiführende Ganglagerstätten liegen im Bereich von Broken Hill (Radium Hill, Crocker Well).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion werden vorwiegend sedimentäre Urananreicherungen in Südsibirien bei Tuiya-Muyun (nordöstlich

Ferghana) abgebaut. Weitere Lagerstätten liegen in Tarak (Sibirien) und Sljudjanka (Baikalsee).

In der Volksrepublik China sind zahlreiche Uranerzlagerstätten in Yunnan (Guizhou-Plateau) nachgewiesen worden. Darüber hinaus werden Lagerstätten in Kiangsi (Chuannan, Cushan, Maoshan) und Kwangtung (Weiyan) abgebaut. Weitere Uranerzvorkommen sind in Chekiang, Thinghai, der inneren Mongolei sowie im Südwesten Chinas bekannt.

In Pakistan (Dear Ghazi Khan/Punjab) werden Uran- und Thoriumerze aus Seifen gewonnen. Bekannt sind die indischen Monazitseifen von Kerala (Chavara), Tamil Nadu (Tuticorin), Orissa, Travancore, Madras und Andara sowie jene Sri Lankas. Diese Monazitsande gelten als die thoriumreichsten der Erde. Gangförmige Thoriumvererzungen sind darüber hinaus in Nepal bekannt. Gangförmige Uranvererzungen werden in Jaduguda und in Singhbhum/Bihar abgebaut. Eine an Pegmatite gebundene Uranlagerstätte liegt in Bhuna/Rajasthan.

Seifenförmige Uran-Thorium-Vererzungen werden in Malaysia, Sri Lanka, Korea, Taiwan und Indonesien genutzt. In Ningyo-Toge/Japan sind Uranvererzungen bekannt, welche in tertiären Konglomeraten und Sandsteinen liegen.

Europa: In Frankreich liegen im Zentralmassiv gangförmige Uran-(Pechblende-)Lagerstätten in Le Cellier und Les Pierres Plantées. Weitere bedeutende Lagerstätten sind L'Ecarpierre und La Commandiere (Vendée), Le Bernardan, Le Brugeod, Bellezane, Margnat, Fanay (Haute Vienne). Gangförmige, zum Teil an Pegmatite gebundene Uranvererzungen liegen in Portugal (Bieras, Urgeirica). In Spanien liegen Uranerzlagerstätten zwischen Almatret und Mequienza am Ebro. In Cornwall/Großbritannien sind Uran- und Thoriumerze an die Zinnerzgranite gebunden.

Bekannt sind die in der Tschechoslowakei liegenden klassischen Bergbaureviere von Joachimsthal, wo polymetallische Erzgänge gebaut werden. Lagerstätten ähnlichen Typs sind in der Deutschen Demokratischen Republik im böhmisch-sächsischen Erzgebirge, in Annaberg, Schneeberg, Aue und im Thüringer Wald bekannt. In der Bundesrepublik Deutschland liegen Uran-Flußspat-Gänge in Wölsendorf/Bayern. Die Uranerzförderung der Prospektionsbetriebe Oberpfalz/Bayern sowie der Versuchsgruben Müllenbach/Baden-Württemberg (Armerze) wird eingehend untersucht. Bedeutende gangförmige Uranvererzungen konnten in letzter Zeit in Menzenschwand (Krunkelbachtal)/Baden-Württemberg nachgewiesen werden.

In Mittelschweden werden Uranerze aus bituminösen Schiefern gewonnen (Ranstad, Västergötland, Närke). In Finnland liegen in Quarziten und Arkosen Uranvererzungen bei Lolari und Eno (Paukkajanvaara).

Jugoslawien verfügt über bedeutende Uranvererzungen in Graniten Serbiens und Mazedoniens sowie in permischen Serien Sloweniens. In Griechenland laufen zur Zeit umfangreiche Explorationsarbeiten auf Uranvererzungen in Serres, Drama und Kavalla.

In Rumänien und Bulgarien (Stara Planina) wird in mehreren Lagerstätten Uranerz gefördert.

Österreich: Uran-Thorium-Mineralisationen sind als reine Mineralvorkommen im Bundesgebiet in Graniten, Gneisen und Pegmatiten der Böhmischen Masse, der Stub- und Koralpe, der Saualpe, des Mittelkärrntner Kristallins und örtlich in höherthermalen Tauerngoldgängen (sekundäre Bildungen?) nachgewiesen worden. Örtlich wurden auch Anreicherungen von Uran in Braunkohlen und Schwarzschiefern gefunden (Trimmelkam, Langau, Zillingdorf). Von Bedeutung sind jedoch nur Uranlagerstätten des metamorphen Sandsteintyps, welche in permoskythischen bis permokarbonen Serien liegen, wie z. B. bei Eisenkappl, im Arlberggebiet, im Raum Mitterberg, in St. Johann/Fieberbrunn, dem Schoberpaß, vor allem jedoch in Forstau und Tweng sowie im Semmering- und Wechselgebiet.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für Uran-Thorium-Erze sind vor allem jene Bereiche der Alten Schilde der Erde, in welchen weit anhaltende Konglomerate auftreten (Kanada, Brasilien, Südafrika). Daneben sind auch die von Pegmatiten durchzogenen granitoiden Gesteinsabfolgen Alter Schilde sowie alter Rumpfgebirge von einem Interesse. Darüber hinaus sind alte sandsteinführende intramontane Senken sowie ehemalige Vorlandsbereiche von Gebirgen als häufig anzusehen. Auch die subvulkanischen Gangformationen andinotyper Orogene sind erfolgversprechend.

Bituminöse, dunkle Schiefer, aber auch diverse Lignitvorkommen, welche an sich weitverbreitet sind, können als hoffnungsvoll angesehen werden. Die Phosphatlagerstätten der Erde (siehe diese!) sind auch potentielle Uranerzträger.

Thorumerze sind fast ausschließlich an pegmatoide Gesteine kristalliner Gebiete der Erde gebunden und dürfen auch nur dort erwartet werden. Um derartige Lagerstätten sind Seifenanreicherungen wahrscheinlich.

Uran-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	„Non-energy data“ in short tons Bergbau- produktion ¹⁾	
		Reserven- basis ¹⁾
USA	2 700	nicht anwendbar
Übrige Welt		nicht erhebbar
Welt – Gesamt		nicht erhebbar

¹⁾ Einheit: Urantetrafluorid (UF_4) für Nichtenergieanwendung.

Weltproduktion an Uranerzkonzentraten

	(in short tons U_3O_8)
Quelle: Non-Ferrous Metal Data 1979	
Argentinien	241
Australien	780
Brasilien	134
Kanada	8 970
Frankreich	3 068
Gabun	1 300
BRD	nicht erhebbar
Japan	nicht erhebbar
Namibia	4 800
Niger	4 290
Portugal	111
Rep. Südafrika	6 754
Spanien	441
USA	18 700
Gesamt	49 589

Thorium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Produktion	in short tons ThO_2 Reservenbasis
USA	–	150 000
Australien		40 000
Brasilien		60 000
Kanada	Nicht verfügbar	230 000
Indien		200 000
Malaysia		10 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft		60 000
Andere Länder mit zentrali- stisch gelenkter Markt- wirtschaft		40 000
Welt – Gesamt (gerundet)	nicht verfügbar	790 000

Substitution

Auf dem Gebiet der Energiegewinnung gibt es innerhalb der Gruppe der Kernbrennstoffe (mit Ausnahme Thorium) noch keine brauchbaren Alternativen für Uran. Blei oder andere dichte Metalle können Uran in nichtnuklearen Anwendungsfällen ersetzen.

Vanadium

Vanadium ist ein stahlgraues, in reinem Zustand (mindestens 99,5%) gut verformbares Metall, dessen Schmelzpunkt bei 1 925°C liegt. Unreines Vanadium ist spröde und hat einen erheblich niedrigeren Schmelzpunkt.

Reines Vanadium wird nur für Forschungszwecke verwendet. Die Industrie bedient sich dagegen häufig des Vanadiums in Form von Ferrolegierungen bei der Herstellung von Sondergußwaren und Sonderstählen, da es die Zähigkeit von gehärtetem und vergütetem Stahl erhöht. Schnelldrehstähle enthalten 1,5 bis 5% Vanadium. Nennenswerte Bedeutung haben auch

Legierungen auf der Basis von Titan und Aluminium, denen Vanadium zur Erhöhung der Warmfestigkeit zugesetzt wird.

Vanadiumoxide und Vanadate werden als Oxidationskatalysatoren für eine Reihe von Prozessen der anorganischen und organischen Chemie verwendet.

Neuerdings wird auch reines Vanadium als Füllwerkstoff für Kernbrennstoffe verwendet.

Vanadium wird in Form von Oxiden, Natrium- und Ammoniumvanadaten, Vorlegierungen, seltener als Metall, häufiger in Form von vanadiumreichen Schlacken gehandelt. Die Preise richten sich nach den V_2O_5 -Gehalten, wobei diese bei 98% liegen. Ferrovandomium wird mit V-Gehalten von 50 bis 60% angeboten.

Minerale

<i>Patronit</i>	$V(S_2)_2$
<i>Coulsonit</i>	$Fe^{2+}V_2^{3+}O_4$
<i>Descloizit</i>	$Pb(Zn,Cu)[(OH)/VO_4]$
<i>Vanadinit</i>	$Pb_5[Cl/(VO_4)_3]$
<i>Carnotit</i>	$K_2[(UO_2)_2/V_2O_8].3H_2O$

Lagerstättenkundliche Stellung

Eigene Vanadiumerzlagerstätten sind äußerst selten. Meist wird Vanadium als wirtschaftliches Beiproduct uran-, vanadiumführender Komplexerze gewonnen. Vanadiumerze sind in liquidmagmatischen Titanomagnetitlagerstätten, welche in basischen Magmatiten liegen, zu finden. Hydrothermale polymetallische Sulfidlagerstätten führen auch unterschiedlich Vanadium. Durch Verwitterung und Abtragung sowie Resedimentation wurden vanadiumhältige Carnotite (V-Uran-Erze) in fluviatilen Sandsteinen zu Seifenlagerstätten angereichert.

Bituminöse Sedimente, wie z. B. Mansfelder-Kupferschiefer, Raibler Schichten, Ölschiefer, können erhöhte Vanadiumgehalte aufweisen. Auch Kohlen und Erdöle führen geringe Mengen von Vanadium [Gewinnung von V aus Kohlenaschen und Erdöl (Flexikox-Verfahren!)]. Gelegentlich erweisen sich auch Bauxite, Rotschlämme der Tonerdeverarbeitung und Phosphate als vanadiumführend. Die Manganknollen der Tiefsee sind relativ reich an Vanadium.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: An Ultrabasite gebundene Vanadiumerze wurden in Kanada in Allard Lake/Quebec abgebaut. Mehrere Lagerstätten werden zur Zeit jedoch untersucht.

Die in Sandsteinen auftretenden Carnotiterze (Uranerze) des Colorado-Plateaus der Vereinigten Staaten von Amerika führen u. a. Vanadium und stellen eine wichtige Rohstoffquelle dar (Uravan). Vanadiumerze, welche durch Intrusionen alkalischer Gesteine angereichert wurden, werden in Arkansas (Wilson Springs) abgebaut. In Idaho und Montana liegen Vanadiumerze in marinen Sedimenten.

Mittel- und Südamerika: In Mexiko werden Vanadiumerze bei Tamaulipas/Chihuahua abgebaut. In Peru ist ein Patronitgang, welcher in bituminösen Schiefern liegt und durch magmatische Vorgänge kontaktmetamorphosiert wurde, abgebaut worden. In Brasilien wird Vanadiumerz in Juanaria (Minas Gerais) gewonnen. Erst kürzlich wurden große Mengen an vanadiumhältigen Erzen im Bereich von Campo Alegre de Lourdes entdeckt. Kleine, vanadiumführende Erzvorkommen liegen in Argentinien und Chile.

Afrika: In der Republik Südafrika werden die Titanomagnetitlagerstätten des Bushveld-Massivs heute vorwiegend auf Vanadium gebaut (weitgrößte Produktion!). In Namibia werden Vanadiumerze in Grootfontein gewonnen. Die Pb-Zn-Erzlagerstätte von Broken Hill/Sambia war kurze Zeit der weitgrößte V-Produzent, die Produktion ist heute aber bescheiden.

Australien: Die erste australische Vanadiumerzgrube bei Coates Siding (östlich von Perth) wurde 1980 in Betrieb genommen. Die geplante jährliche Produktion von 1620 t ist weitgehend für den Export bestimmt und soll ca. 6% der Gesamtproduktion der westlichen Welt betragen. Weitere V-Erzlagerstätten sind zwar bekannt, werden zur Zeit jedoch nicht genutzt (Wundowie/Western Australia). Die Uranerzlagerstätte von Yeelirrie soll beachtliche Mengen an Vanadium beinhalten.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion wird aus Schlacken, die bei der Verhüttung von Titanomagnetiterzen aus Lagerstätten des Urals (Katchkanar) und Kasachstans (Lisaskowsk) anfallen, Vanadium extrahiert (zweitgrößter V-Produzent).

Europa: Der Mansfelder Kupferschiefer in der Deutschen Demokratischen Republik enthält beträchtliche Mengen an Vanadium, die Lagerstätte ist jedoch weitgehend erschöpft. Aus den finnischen Titanomagnetitlagern bei Otanmäki wird auch Vanadium gewonnen. Vanadium fällt auch bei der Verhüttung von Eisenerzen an. Eine relativ geringe Produktion erfolgt in Norwegen. Die Minetteerze Lothringens enthalten geringe Mengen an Vanadium.

Österreich: In der Oxidationszone kalkalpiner Blei-Zink-Lagerstätten (Bleiberg-Kreuth, Obir) treten örtlich Vanadiumminerale auf, welche aber nirgends wirtschaftliche Dimensionen erreichen.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für Vanadium sind in erster Linie die Uranerzlagerstätten des Sandsteintyps (Colorado-Plateau!). Daneben darf den Titanomagnetitlagerstätten der Alten Schilde der Erde eine gewisse Bedeutung zugemessen werden. Beachtenswerte Mengen können bei der Verarbeitung bituminöser Sedimente (Kupferschiefer, Öl- und Teersande, Ölschiefer usw.) gewonnen werden (Lagerstätten in Kalifornien, BRD, DDR, Polen u. a. o.).

Vanadium-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 lb Produktion	Reservenbasis
USA	12 600	230 000
Australien	—	400 000
Chile	1 500	300 000
Republik Südafrika	30 300	17 200 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	7 300	700 000
UdSSR	20 000	16 000 000
Welt – Gesamt (gerundet)	71 700	34 800 000

Substitution

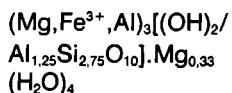
Im Bereich der Stahlerzeugung kann Vanadium durch verschiedene Legierungskombinationen ersetzt werden. Metalle, die Vanadium bis zu einem gewissen Grade ersetzen können, sind Niob, Molybdän, Mangan, Titan und Wolfram. Platin kann Vanadium im Bereich der Katalysatoren ersetzen. Die relativ hohen Preise für diese Materialien beeinflussen jedoch ihre Verwendung.

Vermiculit

Als Vermiculit wird ein expandierfähiges Glimmermineral, welches aus Pyroxenen, Amphibolen oder Olivinen mafischer Gesteine durch hydrothermale Veränderung des Ausgangsgesteines und unter Abfuhr von Alkalien entstanden ist, bezeichnet. In der Bauindustrie dient Vermiculit in expandiertem Zustand als Schall-, Wärme- und Kälteisolierungsmittel. In der Elektroindustrie wird Vermiculit gelegentlich als Isolator benutzt. Vermiculit wird als Kationenaustauscher etwa zur Entfernung von radioaktiven ¹³⁷Cs-Ionen aus Kernbrennstoffabbränden als Absorbens verwendet.

Minerale

Vermiculit



Lagerstättenkundliche Stellung

Vermiculitlagerstätten sind vorwiegend in Bereichen von plutonischen Gesteinen zu finden, wobei offenbar präkambrische Magmatite bevorzugt Vermiculit führen. Diese Glimmerminerale liegen zumeist in Nestern, Klüften, Gängen bzw. Lagergängen vor, welche oft mehrere 100 m lang und meterdick werden können.

Regionale Verbreitung

Amerika: In Kanada sind zwar Vermiculitlagerstätten in British Columbia und Ontario (Kanada) bekannt, erreichen allerdings keine wirtschaftliche Bedeutung.

Die größten Vermiculitlagerstätten der Erde liegen im Rainy-Creek-District bei Libby in Montana. Die Vorräte

reichen noch für Jahrzehnte. Kleinere Vorkommen liegen in von Pegmatiten durchbrochenen basischen metamorphen Gesteinen in South Carolina (Enoree), Colorado, Wyoming und Texas. In Louisa County/Virginia begann 1979 ein Vermiculitbergbau mit der Produktion. Vermiculitlagerstätten kleiner Dimension sind auch in Südamerika (Argentinien, Brasilien, Chile) bekannt.

Afrika: In der Republik Südafrika wird bei Palabora im Tagbau hochwertiger Vermiculit, welcher in Komplexerzlagerstätten beobachtet wird. Daneben wird örtlich Vermiculit in Kenia, Tanzania, Uganda und Zimbabwe-Rhodesien gewonnen. In Malawi wurde die Verwertbarkeit des Vermiculits der Lagerstätten von Kapiri Kamodzi untersucht und als abbauwürdig beurteilt.

Australien: Die Vermiculitreserven gelten als äußerst gering, derzeit findet keine Förderung statt (Young-River Deposit).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion wird Vermiculit auf der Halbinsel Kola sowie im Südosten des Ukrainischen Schildes abgebaut. Diese Vorkommen sind weltwirtschaftlich relativ bedeutungslos. Kleinere Vermiculitvorkommen sind in Indien bekannt.

Europa: Die Vermiculitproduktion Europas ist zur Zeit völlig bedeutungslos.

Österreich: In Österreich sind derzeit keine wirtschaftlichen Vermiculitlagerstätten bekannt. Kleine Vermiculitvorkommen im Bereich der Böhmischem Masse werden derzeit näher untersucht.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für Vermiculit sind vor allem die Pegmatitprovinzen der Erde, welche vorwiegend in den Alten Schilden (Kanada, Südamerika, Afrika, Baltikum) auftreten.

Vermiculit-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	in 1 000 short tons Produktion	Reservenbasis
USA	349	100 000
Republik Südafrika	235	75 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	40	15 000
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Markt- wirtschaft	nicht verfügbar	nicht verfügbar
Welt – Gesamt (gerundet)	624 ¹⁾	190 000

¹⁾ Ohne Länder mit zentralistisch gelenkter Marktwirtschaft.

Substitution

Expandierter Perlit kann in einigen Anwendungsbereichen den Vermiculit ersetzen. Auch in anderen Verwendungsgebieten ist ein Ersatz durchaus möglich.

Vulkanische Asche: siehe Bimsstein

Weißberden: siehe Talk

Weißschiefer (Leukophyllit): siehe Talk

Wismut

Wismut ist ein rötlich-weißes, glänzendes, nicht oxidierendes Metall, dessen Schmelzpunkt bei 271°C liegt.

Wismut wird zur Herstellung niedrig-schmelzender Legierungen (Woodsches-Metall, Rose-Metall) vor allem für Schmelzsicherungen zusammen mit Blei, Zinn, Indium, Cadmium verwendet. Da sich Wismut beim Erstarren etwas ausdehnt und dabei die Feinheiten von Formen gut ausfüllt, wird es zusammen mit Blei, Zinn und Cadmium zur Erzeugung von Druckstöcken herangezogen.

Große Mengen von Wismutverbindungen, wie Wismutoxichlorid, Wismutkarbonat und Wismutnitrat werden für pharmazeutische und kosmetische Zwecke verbraucht. Bedeutung haben auch Wismutkatalysatoren für die Erzeugung von Acrylnitrit.

In den Handel kommt Wismut in einer Reinheit von mindestens 99%, wobei Arsenfreiheit vorgeschrieben wird. In geringen Mengen wird auch hochreines Metall einer Reinheit von 99,9995% erzeugt. Oxidische Mineralkonzentrate werden mit Gehalten von mindestens 60% Bi gehandelt.

Minerale

<i>Gediegen Wismut</i>	Bi
<i>Wismutglanz</i>	Bi ₂ S ₃
<i>Wismutocker</i>	Bi ₂ O ₃ .3H ₂ O
<i>Bismutit</i>	Bi ₂ [O ₂ /CO ₃]

Lagerstättenkundliche Stellung

Wismuterze treten als relativ seltene Verbindungen in pegmatitischen, hochtemperierte, heiß-hydrothermale Lagerstätten, in enger Vergesellschaftung mit Kobalt, Nickel, Uran, Zinn, Wolfram, Blei, Zink zumeist in Gangform auf. Wismutverbindungen sind auch charakteristische Minerale in Kontaktöfen saurer Intrusivgesteine.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada wird Bi als Beiproduct aus Komplexvererzungen extrahiert (Bathurst/New Brunswick; Murdochville/Quebec; Kimberley/British Columbia). In den Vereinigten Staaten von Amerika wird Wismut als Nebenprodukt bei der Verhüttung von Pb-Zn-Erzen der Appalachen-Lagerstätten gewonnen. Eigene Bi-Erzvorkommen, welche derzeit nicht abge-

baut werden, sind in Colorado, New Mexico, Arizona, Utah, Idaho, Montana, Kalifornien und Nevada bekannt. Mögliche weitere Quellen für Wismut sind die Molybdän- und Wolframvererzungen, aber auch die Aschen diverser Kohlen aus West Virginia.

Mittel- und Südamerika: In Mexiko wird Wismut bei der Verhüttung bleiischer Silbererze produziert. Wismuterze werden zusammen mit Sn-Erzen in der Lagerstätte Tasna (in 5 100 m Seehöhe!) in Südbolivien im Kontaktbereich eines sauren Plutons gewonnen. In Peru ist Wismut in reichlichem Maße als Nebenprodukt ähnlicher Vererzungen bekannt geworden.

Afrika: Die Wismutproduktion Afrikas ist äußerst unbedeutend.

Australien: Wismut fällt in zunehmendem Maße bei der Verhüttung polymetallischer Erze der Lagerstätten von Tennant Creek, Warego Mine, Orlando und Ivanhoe an.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): In der Sowjetunion wird Wismut bei der Verarbeitung von Blei-Zink-Erzen (Kasachstan), Kupfererzen sowie Wolfram-Molybdän-Erzen gewonnen. Zwei Kupfer-Wismut-Lagerstätten (Taryzkan und Kantarkhana/Tadzhikistan) werden zur Zeit exploriert. Eigene Wismuterze werden lediglich in der Ustarassy-Mine/Chathal-Gebirge abgebaut.

Bedeutende, ebenfalls mit Pb, Zn, Co, Ni und W-Erzen beibrechende Mengen an Wismutverbindungen werden in Lagerstätten Koreas, Chinas (Kiangsi) und Japans gefördert.

Europa: Die ehemals bedeutenden, in Gangschwämmen am Kontakt von Graniten und Andalusitschiefern gebundenen hochthermalen Wismuterze des Erzgebirges werden heute nicht mehr gebaut. Auch die ehemals berühmten Skarnlagerstätten Siebenbürgens (Baitza/Rumänien) sind heute bedeutungslos. Die polymetallische Pb-Zn-Lagerstätte von Trepča (Jugoslawien) führt örtlich reichlich Wismuterze. In Frankreich fallen in der im Zentralmassiv liegenden Komplexerzlagerstätte von Salsigne Wismuterze an.

Österreich: Wismuterze sind in den Ostalpen in mehreren Lagerstätten – wenn oft auch nur in Spuren – bekannt. Die Vererzungen der Zinkwand- und Vötternbäume in den Schladminger Tauern sind durch eine relativ reiche Wismutführung charakterisiert. Auch aus mehreren Kieslagern der Ostalpen sind Wismutgehalte bekannt (Rotgülden, Walchen, Kreuzeggruppe usw.). Die Fahlerze des Schwaz-Brixlegger Lagerstättenraumes sowie die Bleiglanze der Tauern-goldgänge gelten als wismutreich.

Hoffnungsgebiete

Wismuterze werden wahrscheinlich auch in absehbarer Zukunft nur als Beiproduct komplexer Vererzungen gewonnen werden. Derartige Hoffnungsgebiete sind vor allem Orogenzonen mit ausgeprägten subvulkanischen Stockwerken (Südamerika, zirkumpazifischer Raum, Erzgebirge usw.).

Wismut-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

		in 1 000 lb
	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	vertraulich	20 000
Australien	2 000	38 000
Bolivien	1 100	30 000
Kanada	350	12 000
Japan	1 400	50 000
Korea	300	8 000
Mexiko	1 500	12 000
Peru	1 300	10 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	200	12 000
Andere Länder mit zentrali- stisch gelenkter Markt- wirtschaft	900	16 000
Welt – Gesamt (gerundet)	9 050¹⁾	208 000

¹⁾ Ohne Produktion der USA.

Substitution

In der Pharmazie kann Wismut durch Aluminium- und Magnesiumverbindungen, in der Kosmetik durch Glimmer und Nitrozellulose ersetzt werden. Eisen, Phosphor und Kalium können an Stelle von Wismut bei der Herstellung von Katalysatoren sowie bei der Herstellung von Acrylnitrit benutzt werden. Tellur kann in Legierungen an die Stelle von Wismut treten.

Wolfram

Wolfram ist ein weißgraues, sehr säurebeständiges, in reinem Zustand leicht bearbeitbares Metall, dessen Schmelzpunkt bei 3 387°C liegt.

Infolge seines hohen Schmelz- und Siedepunktes wird es zur Erzeugung von Glühdrähten für Lampen, als Material für Heizleiter in Hochtemperaturöfen, für elektrische Kontakte, für die Herstellung von Hitze- schilden und Raketendüsen in der Raumfahrttechnik verwendet.

Wolfram kann mit Eisen, Kobalt, Molybdän und Nickel weitgehend und mit Blei, Wismut, Zink und Antimon teilweise legiert werden und erhöht dann die Härte und Säurebeständigkeit dieser Legierungen. Am häufigsten wird Wolfram in der Form von Ferrowolfram für die Erzeugung von Sonderstählen verwendet. Es wird auch zur Herstellung von Metallkarbiden benutzt, welche die gleiche Härte wie Diamant (WIDIA) aufweisen und als Hartstoff für die Herstellung von Hartmetallen besondere Bedeutung haben.

In den Handel gelangende Wolframkonzentrate werden auf Grund ihres WO₃-Gehaltes gewertet. Wolframitkonzentrate müssen einen Mindestgehalt von 65%, Scheelitkonzentrate von 65 bis 70% WO₃ aufweisen. Die Gehalte an Zinn, Arsen, Phosphor, Schwefel, Kupfer und Molybdän dürfen gewisse Grenzen nicht

überschreiten. Darüber hinaus wird Wolframmetall (98,8%) bzw. Ferrowolfram mit Gehalten von 80 bis 85% W gehandelt.

Minerale

<i>Ferberit</i>	Fe WO ₄
<i>Wolframit</i>	(Fe,Mn) WO ₄
<i>Scheelit</i>	Ca WO ₄
<i>Hübnerit</i>	MnWO ₄

Lagerstättenkundliche Stellung

Wolframerze können sowohl im sedimentären als auch im magmatogenen Kreislauf angereichert werden. Während Wolframit vorwiegend in Greisen und Skarnen granitoider Gesteine sowie in Pegmatiten (oft mit Zinnerzen!) auftritt, ist Scheelit zum überwiegenden Teil sedimentär in vulkanogen beeinflußten Gesteinsserien (Altpaläozoikum, Jura!) zu finden. Örtlich erweisen sich sedimentäre Kiesvererzungen (Komplexerze!) als scheelitführend. Scheelit kann aber auch in verskarnten Graniten wirtschaftlich konzentriert sein. Bisweilen kann im Scheelitgitter Mo eingebaut sein (Powellite!), weshalb derartige Scheelitvererzungen auch als potentielle Mo-Vererzungen abgebaut werden könnten. Aus den Mo-Stockwerkvererzungen saurer Intrusiva kann Wo als wirtschaftliches Beiproduct gewonnen werden. Mitunter erweisen sich auch „Hot brines“ als wolframführend; ihre wirtschaftliche Bedeutung ist zur Zeit noch umstritten.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada liegen eine Reihe von plutonisch-hydrothermalen Wolframerzlagerstätten. Die zur Zeit größten Scheelitlagerstätten der westlichen Welt liegen in den Northwest Territories (Tungsten, Flat-River). Eine weitere Lagerstätte am McMillan-Paß zwischen Yukon und den Northwest Territories wird zur Zeit erschlossen. Bedeutende Mengen an Wolframerzen liegen im Bereich des Mount Pleasant/New Brunswick (in Erschließung!).

Subvulkanische Ganglagerstätten werden in den Vereinigten Staaten von Amerika in Boulder/Colorado abgebaut. In der Molybdänerzlagerstätte von Climax/Colorado fallen beträchtliche Mengen an Wolfram an. An Skarne gebunden sind Wolframerze (mit Mo!) in Pine Creek bei Bishop/Kalifornien. In Nevada werden in zirka 15 Lagerstätten Wolframerze gewonnen. Wolframitlagerstätten sind auf der Seward-Halbinsel/Alaska bekannt.

Mittel- und Südamerika: Zahlreiche subvulkanische polymetallische Lagerstätten Boliviens führen beträchtliche Mengen an Wolfram (Potosí, Oruro, Challogna/Unica). In Brasilien werden Wolframerze u. a. auch in Rio Grande do Norte (Brejui), Ceará und Paraíba (Quixaba) abgebaut. Aus mehreren Lagerstätten stratiformer und gangförmiger Art werden in Argentinien und Peru Wolframerze gewonnen.

Afrika: Aus pegmatisch-pneumatolytischen Lagerstätten wird Wolframit in Zaire und Maniema

[Tungsten Belt]) gewonnen. In Rwanda treten kluft- bis gangförmige, hydrothermal gebildete Wolframerze gemeinsam mit Zinnerzen auf (Gifurwe, Bugarama u. a.). Wolframerze werden darüber hinaus in Simbabwe-Rhodesien (Bulawayan, Kamativi, Piriwiri) und der Republik Südafrika (O'Okiep Copper-District, Gordonia-District, Namaqualand) abgebaut.

Australien: Bedeutende Mengen an teils vulkanogen-sedimentär, teils pneumatolytisch entstandenen Wolframerzen liegen in Tasmania (Grassy/King Island, Rossarden, Hampshire, Mount Pelion). Darüber hinaus sind zahlreiche kleine Wolframlagerstätten plutonisch-hydrothermaler Natur in Queensland (Sunnymount, Mount Carbine) und New Southwales (Torrington, Mareeba Field usw.) bekannt.

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Bedeutende, zum Teil gangförmige Wolframerzlagerstätten liegen in der Sowjetunion. In Tyrny Auz (Nordkaukasus) werden Wolframerze aus Skarnen gewonnen. Weitere bedeutende Lagerstätten sind Dzida (Burjatische Republik), Chorukh-Dayron, Lyangar, Yubileynoye und Ingechka (Zentralasien), Akchataus, Karaobin, Verchne-Kayraktin (Kasachstan), Iultin (Magadan Oblast), Vostok und Lermontov (Maritime Oblast) sowie Kul'gutin im Altai.

Große, weltwirtschaftlich bedeutende Wolframerzlagerstätten liegen in der Volksrepublik China in den Provinzen Kiangsi (Tayu-District, Hsiuashan, Tachishan, Pankushan und Kweimeishan), Kwangtung (Shihjenchang, Yangchiang, Yaoling), Kwangsi, Hunan (Yangchitan) sowie in Malaysia, Burma und Thailand (Kanchanaburi, Nakhon Si Thammarat, Phrae). Subvulkanische Wolframitgänge werden in Japan bebaut. Ähnliche Lagerstätten sind in Korea bekannt (Sang-Dong-Mine). Indien weist eine geringe Wolframerzproduktion bei Degana/Rajasthan u. a. o. auf.

In der Türkei liegt bei Bursa (Uludag) eine große Wolframerzlagerstätte vulkanogen-sedimentärer Entstehung.

Europa: Plutonisch-hydrothermale Wolframerzgänge sind in Spanien bekannt. Lagerstätten pegmatitisches-pneumatolytischer Entstehung werden im Norden Portugals (Panasqueira, Borralha, u. a. o.) sowie in England (Cornwall) gemeinsam mit Zinnerzen abgebaut. An Skarne gebundene Lagerstätten liegen in den Pyrenäen in Frankreich (Salau). Ähnliche Lagerstätten liegen in der Deutschen Demokratischen Republik im Sächsisch-Böhmischem Erzgebirge (Zinnwald, Schlaggenwald).

In Nordnorwegen (Bindal) werden an altpaläozoische Skarne gebundene Scheeliterze gewonnen. In Skarnen liegende Wolframerze werden in Schweden (Yxsjobey, abgebaut.

Österreich: Eine auch weltwirtschaftlich bedeutende, vulkanogen-sedimentär gebildete Scheelitlagerstätte wurde vor kurzem in Mittersill entdeckt (fünftgrößte Lagerstätte der westlichen Welt!), während der Scheelit in der Magnesitlagerstätte in Tux-Lanersbach

nicht mehr abgebaut wird. Viele Kieslagerstätten, hydrothermale Erzgänge der Ostalpen (Kreuzeckgruppe, Osttirol) führen u. a. auch Scheelit. Neuerdings konnte auch ein Scheelitvorkommen bei Fastenberg/SchlADMINGER Tauern in den Ennstaler Phylliten entdeckt werden.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete sind der zirkumpazifische Raum, zum Teil auch die Alten Schilde der Erde. In immer stärkerem Umfang gewinnen bestirnte vulkanogen beeinflußte phyllitische, metamorph überprägte Gesteinsserien von Orogenzonen wegen ihrer Scheelitführung an Bedeutung.

Wolfram-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion in 1 000 lb	Reserven- basis
USA	6 600	275 000
Australien	8 500	240 000
Österreich	3 000	40 000
Bolivien	7 000	87 000
Brasilien	2 600	40 000
Burma	1 500	70 000
Kanada	6 000	535 000
Korea	6 000	100 000
Mexiko	500	44 000
Portugal	2 600	54 000
Thailand	4 000	40 000
Türkei	3 400	170 000
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	10 000	180 000
Andere Länder mit zentralisti- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	45 000	3 700 000
Welt – Gesamt (gerundet)	106 700	5 600 000

Substitution

In der Stahlerzeugung kann Wolfram in größerem Ausmaß durch andere Metalle, wie Chrom, Nickel, Molybdän, Vanadium, Kobalt sowie Silizium ersetzt werden. In einigen Fällen kann Titankarbid, Tantalkarbid, Columbiumkarbid an Stelle von Wolframkarbid treten. In der Hauptanwendung, wie etwa bei der Erzeugung von Wolframkarbid, besteht jedoch derzeit keine wirtschaftlich volle Substitutionsmöglichkeit.

Ytterbium: siehe Seltene Erden

Yttrium: siehe Seltene Erden

Zink: siehe Blei – Zink

Zinn

Zinn ist ein silberweißes, glänzendes Metall, das von schwachen Säuren kaum angegriffen wird und dessen Schmelzpunkt bei 231° C liegt.

Als Metall findet Zinn wegen seiner chemischen Resistenz vor allem im Korrosionsschutz (für Maschinenteile, Kupferdrähte) Verwendung. Die Konservenindustrie verbraucht große Zinnmengen in Form von Weißblech.

Große Bedeutung haben die Zinnlegierungen bei der Erzeugung von Benzintanks und Ölkannen, als Lötzinn, als Letternmetalle und Schüsselzinn. Bekannte Legierungen sind das Woodsche-Metall, das Britannia-Metall und das Babbitt-Metall. Erhebliche Mengen an Zinn werden auch zur Herstellung verschiedener Bronzen, die in der Industrie als Werkstoff für Treibräder, Turbinensegmente, Ventile, Sprungfedern, Leitungsrohre für empfindliche Flüssigkeiten, Phosphorbronzen für den Schiffbau und die Pumpenfabrikation verwendet werden. Zinnhaltige Amalgame werden in der Zahntechnik verwendet.

Von den Zinnverbindungen haben besondere Bedeutung das Zinnoxid, das in der keramischen und der Glas- und Emailindustrie zur Herstellung von Glasuren und zum Färben opaker Gläser verwendet wird, das Zinntetrachlorid als Beizmittel in der Färberei und Beschwermittel für Naturseide, Zinnchlorid und Zinnhexachlorid, das in der Färberei eingesetzt wird. Zinn-Vanadiumoxid dient als Katalysator der Abgasentgiftung. Neben den schon erwähnten Einsätzen können Zinnverbindungen auch als Stabilisatoren und in der Kosmetik (Seifen und Parfumes) und Kunststoffindustrie, des weiteren als Desinfektionsmittel genutzt werden.

In Form von hochreinen Verbindungen und Kristallen dient Zinn zur Herstellung von Halbleitern für elektronische Bauteile. Ein modernes Verwendungsgebiet für Zinn, das vor allem die toxischen und katalytischen Eigenschaften von Organozinnverbindungen nutzt, ist die Organozinnchemie. Ihre Produkte sind Holzschutzmittel oder Schutzfarben für Schiffe, Schädlingsbekämpfungsmittel und Katalysatoren für die Erzeugung von Massenkunststoffen oder Silikonen.

Reinzinn kommt in der Regel als Barren in den Handel, kleinere Mengen werden als Stangen, größere Partien auch mitunter in Blöcken bzw. Platten verkauft. Je nach dem Reinheitsgrad ist die Bezeichnung verschieden. Standard Zinn hat einen Reinheitsgrad von mindestens 99,75% Sn, Straits Zinn einen Reinheitsgrad von 99,8% Sn, Reinstzinn einen Mindestgehalt von 99,999% Sn. Von den Zinnhütten werden die Produkte mit Handelsmarken versehen, die gleichzeitig den Reinheitsgrad garantieren. Erzkonzentrate werden mit Gehalten von 20 bis 30%, 30 bis 65% bzw. 70 bis 75% Sn angeboten.

Minerale

Kassiterit (Zinnstein)	SnO ₂
Stannit (Zinnkies)	CuFeSnS ₄
Teallit	PbSnS ₂
Herzenbergit	SnS
Franckit	Pb ₅ Sn ₃ Sb ₂ S ₁₄
Kylinndrit	Pb ₃ Sn ₄ Sb ₂ S ₁₄

Lagerstättenkundliche Stellung

Primäre Zinnerze sind fast immer an saure Magmatite, vor allem Plutonite gebunden. Gelegentlich treten auch in sauren subvulkanischen Gängen Zinnerze auf. Zinnerze sind örtlich aber auch charakteristische Begleitminerale in Pegmatiten. Pegmatisch-pneumatolytisch angereicherte Zinnerze, Lagerlinsen oder Imprägnationen sind in Greisen und Skarnen bekannt (Begleitminerale Quarz, hochtemperierte Sulfidminerale). Gelegentlich sind auch schichtgebundene („Manto“) Lagerstätten zu beobachten (hochtemperierte Verdrängungslagerstätten!). Wirtschaftlich bedeutsam sind sekundäre Anreicherungen von Zinnerzen in Seifen jeglicher Art.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: Zinnerzvorkommen in Nordamerika sind wirtschaftlich unbedeutend. In Kanada sind kleine Lagerstätten bei Mount Pleasant/New Brunswick und Kimberley bekannt. Zinn wird darüber hinaus als Beiproduct von Komplexerzen gewonnen. Kanada muß große Mengen an Zinn importieren. In den Vereinigten Staaten von Amerika sind Vorkommen auf der Seward-Halbinsel und nordwestlich von Fairbanks in Alaska bekannt. Geringe Mengen werden in der Molybdänerzlagerstätte von Climax gewonnen.

Mittel- und Südamerika: Die südamerikanischen Zinnerzlagerstätten sind an einen „Andean Tin Belt“, einen „Rondonia-Guyana Belt“ und einen „East Brazilian Tin Belt“ konzentriert. Von großer Bedeutung sind die bolivianischen, größtenteils an subvulkanische, tertiäre Dazite und Rhyolithe gebundenen silberführenden Zinnerzgänge von Oruro-Potosí, Llallagua-Catavi (zirka 80 Mio t Reserven, 31% Sn!) sowie jene von Carguaicolle und Montserrat. Lagerstätten vom Manto-Typ werden in der Rellhuani- und der Huallatani-Mine, nördlich von La Paz, gebaut. Neben diesen Erzlagerstätten werden auch große Seifenvorkommen bei El Rodeo wirtschaftlich genutzt. Zinnerzführende Pegmatite liegen in Graniten des brasilianischen Schildes (Rondonia-Region). Eine Pegmatitlagerstätte wird in Brasilien (Tagbau Nazereno/Sao Joao del Rei) abgebaut. Zinnerze werden in Argentinien in der Lagerstättenprovinz Pirquitas gewonnen.

Afrika: In Pegmatitkörpern und polymetallischen Erzgängen liegende Zinnerze werden in Zaire (u. a. Kivu, Kitolo-Manono, Maniema), in Zimbabwe-Rhodesien (Kamativi bei Wankie) sowie in Uganda abgebaut. Eine bedeutende Zinnerzproduktion weist Nigeria auf, wo Erze in Bauchi State, los Plateau State, Kong State und Kaduna State gewonnen werden. Eine

Reihe kleinerer Zinnerzvorkommen in Pegmatiten und Seifen liegen in Sambia (Chimwami). Im Kamerun werden nahe der nigerianischen Grenze aus Lagerstätten von Mayo-Darlé Zinnerze gewonnen. In Namibia werden relativ große Mengen von Armerzen in der Uis-Mine bei Brandberg abgebaut. Die Zinnerzlagerstätten der Republik Südafrika liegen in Transvaal (Zaaiplaats), in den Pegmatiten der Kapprovinz (Gordonia-District) sowie in Rooiberg-Leeuwport (hydrothermale Zinnergänge eines Scherkluftsystems). In Rwanda treten Zinnerze gemeinsam mit Wolframit in Gängen und Klüften granitoider Gesteine auf (Rwinkavu, Kigali, Rutongo). Darüber hinaus führen zahlreiche Pegmatite Zinnerze (Luisiro, Bisero usw.).

Australien: Die bedeutendsten Zinnerzlagerstätten liegen in Tasmania (Cleveland, Aberfoyle, Rennison-Bell, Luina). In Western Australia werden Zinnerze bei Greenbushes gefördert; in Queensland liegen große Bergbaue bei Herberton und im Mareeba-District. Daneben wird Zinn aus Sunnymount, Ruxton, Tableland Tin und den Ravenshoe Tin Dredges gefördert. Kleinere Vorkommen sind darüber hinaus in New-South-Wales und Victoria bekannt. Auch in Tasmania werden Zinnerze gewonnen (Pioneer-South Mount Cameron).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Die Sowjetunion verfügt über große Lagerstätten im Nordosten Sibiriens (Mali Hingan, Sinaka). Zinnsteingranite werden in Onosko, Imeni Lozo und Ege Chaja abgebaut. Große Vorräte scheinen auch in den Lagerstätten von Kaptcheranginsko und am Onot (östlich des Baikalsees) vorhanden zu sein. Gangförmige Zinnerzlagerstätten sind darüber hinaus in Primorskij, Jakutien, Magadan, Dzida und Rhabarovskij bekannt.

Die weltwirtschaftlich bedeutendsten Zinnerzvorräte liegen auf Indonesien (Seifenlagerstätten auf den Inseln Bangka, Singkep, Sumatra und Billiton), in Malaysia (Kuala Langat, Kuala Selangor/Selangor; Kinta Valley/Perak) sowie in Thailand (Sichon, Ban-Juai-Wan-Khao). Geringe Mengen an Zinnerzen werden auch in Laos (Phon Tiou Area) abgebaut. In Burma sind Zinnerzabbau in Tenasserim/Kayah State bekannt. In der Volksrepublik China werden Zinnerze (oft gemeinsam mit Wolframerzen) in Fuhochung und Chimou/Kiangsi und Kokiu/Yunnan abgebaut. In den polymetallischen Erzlagerstätten von Heilungkiang, Hunan fallen beachtliche Mengen an Zinnerzen an. Weitere Lagerstätten sind in jüngster Zeit in Setchuan nachgewiesen worden. Wirtschaftliche Vorkommen bestehen auch in der Provinz Liaoning.

In Hoyogo, Japan, werden aus in Graniten liegenden polymineralischen Ganglagerstätten Zinnerze gewonnen.

Europa: In Europa liegen „klassische“ Zinnerzlagerstätten im böhmisch-sächsischen Erzgebirge. In der Deutschen Demokratischen Republik wird in Altenberg wieder Zinnerz in stark steigendem Umfang im Bereich

der „Alten Pinge“, eines alten, lange Zeit stillliegenden Bergbaurevieres gewonnen. Berühmte Vorkommen in Ehrenfriedersdorf u. a. o. sind derzeit geschlossen. In Zinnwald und Schlaggenwald in der Tschechoslowakei sind offenbar noch größere Zinnerzreserven bekannt. Bei Hitec wurden neue Zinnergänge entdeckt. Lagerstätten sind darüber hinaus in Spanien (La Coruna) und Portugal (Panasqueira) bekannt. In Frankreich wurden im Armorikanischen Massiv Zinnerze bei St. Renan und Abbaretz gewonnen. Wirtschaftlich bedeutende Zinnerzlagerstätten liegen in den paläozoischen Graniten von Cornwall und Devon in England (Wheal Jane, South Crofty, Geevor, Pendarves, jährliche Produktion rund 3 800 t Sn, mit Kaolin!).

Österreich: Österreich verfügt über keine Zinnerzlagerstätten. Wirtschaftliche Vorkommen im Bundesgebiet sind auch nicht zu erwarten.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für primäre Zinnerzvorkommen sind die pegmatitdurchzogenen Granitgebiete der Erde einerseits sowie die um derartige Vererzungen gruppierten sekundären Zinnanreicherungen in Form von Seifen andererseits. Neue Zinnerzlagerstätten dürfen vor allem im Sächsischen Erzgebirge, den südamerikanischen Kordilleren, Indonesien, Australien und China erwartet werden.

Zinn-Welt-Bergbauproduktion und Reserven 1979 (geschätzt)

	Bergbau- produktion	Reserven- basis
USA	vertraulich	40 000
Australien	12 000	330 000
Bolivien	30 000	980 000
Brasilien	9 000	400 000
Burma	1 000	500 000
China	22 000	1 500 000
Indonesien	24 000	1 550 000
Malaysia	62 000	1 200 000
Nigeria	3 000	280 000
Thailand	30 000	1 200 000
UdSSR	34 000	1 000 000
Großbritannien	2 600	260 000
Zaire	3 400	200 000
Andere	14 000	260 000
Welt – Gesamt (gerundet)	247 000 ¹⁾	9 700 000

¹⁾ Ohne USA.

Substitution

In der Konservierungsindustrie wird Zinn in zunehmendem Maße durch Aluminium, Glas, Papier und Kunststoff verdrängt. Als Zusatz zu Lötlegierungen für elektronische Zwecke kann Zinn nicht ersetzt werden, in der Autoindustrie jedoch durch Bleilote.

Zirkonium, Hafnium

Zirkonium ist ein weiches, gut verformbares Metall, dessen Schmelzpunkt bei 1 852° C liegt.

Reinstes Zirkonium eignet sich als Konstruktionswerkstoff für die chemische Industrie zur Herstellung kleiner, der Korrosion besonders ausgesetzter Bauteile. In der Kerntechnik kommt Zirkonium als Füllwerkstoff von Kernbrennstoffen zur Anwendung. In der Elektrotechnik verwendet man Zirkonium für Bauteile von Vakuumröhren.

Zirkonium ist auch Bestandteil verschiedener Nichteisenmetalllegierungen z. B. Kupfer-Zirkonium-Legierungen oder Magnesium-Zirkonium-Legierungen, denen es größere Härte verleiht.

In der Pyrotechnik wird Zirkonium zur Herstellung von rauchlosem Blitzlichtpulver, von Leuchtkugeln, in der Metallurgie zur Bindung von Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel in Form von Ferrosiliziumzirkonium verwendet.

Zirkoniumverbindungen werden zu hydrophobierenden Imprägnierungen von Textilien, als Pigmente in Druckfarben und bei der Herstellung von Keramik, Glasuren, Emaillen usw. verwendet.

Zirkoniumoxide und Zirkoniumkarbide sind hochfeuerfeste Materialien, die sich überdies durch große Härte auszeichnen (Schaumzirkon).

Hafnium ist ein stark glänzendes, leicht dehnbares Metall, dessen Schmelzpunkt bei 2 150° C liegt. Es nimmt aus der Luft Sauerstoff auf und wird dadurch spröde.

Hafnium ähnelt in seinen Eigenschaften sehr dem Zirkonium und kommt in allen Zirkonumerzen und Zirkonumsanden in Konzentrationen von 0,05 bis 2% vor. Bei der Herstellung von „nuklearreinem“ Zirkonium fällt Hafnium an.

Wegen seines großen Einfangquerschnittes für thermische Neutronen und seines großen Korrosionswiderstandes wird Hafnium zur Herstellung von Steuerstäben in Reaktoren benutzt. Weitere Verwendungszwecke bestehen in der Hochfrequenztechnik als Gettermetall sowie in der Metallurgie als Legierungsmetall.

Legierungen mit Wolfram und Molybdän werden beim Bau von Hochdruckentladungslampen, mit Titan als Getter in Radio- und Fernsehröhren benutzt.

Hafniumkarbid wird in der Hartmetalldtechnik wegen seines hohen Schmelzpunktes (4 000° C) als Zusatz zu Hartmetallen verwendet. Ein teilweiser Ersatz von Tantalkarbid ist möglich.

In den Handel gelangt Hafnium als Halbzeug (Bleche, Rohre, Drähte) sowie als Karbid.

Sowohl Zirkonium als auch Hafnium kommen in Form von Metallstählen in Reinheiten von 99,5 bis 99,8% Zirkonium bzw. Hafnium in den Handel. In den Handel gelangen auch Erzkonzentrate mit zirka 65% ZrO_2 .

Minerale

Zirkon	$\text{Zr} [\text{SiO}_4]$, Hf-führend, ungefähr 66% ZrO_2
Baddeleyit	ZrO_2

Lagerstättenkundliche Stellung

Zirkon ist ein in fast allen Magmatiten und Metamorphiten akzessorisches Mineral und als solches fast immer unbauwürdig. In Nephelin-Syeniten und Phonolithen (Brasilien) können gelegentlich wirtschaftliche Zirkonanreicherungen auftreten. Von großer Bedeutung sind sekundäre Anreicherungen von Zirkonmineralen in Seifen, welche auf verschiedene Schwerminerale abgebaut werden.

Regionale Verbreitung

Nordamerika: In Kanada erfolgt keine Gewinnung von Zirkonium- und Hafniumerzen. In den USA werden Zirkonseifen in Florida (Green Cove Springs und Boulougne) sowie in Georgia abgebaut.

Mittel- und Südamerika: Primäre, in Nephelin-Syeniten und Phonolithen auftretende Zirkonerze werden lediglich in Pocos de Caldas, bei Sao Paolo und Minas Gerais (Brasilien) gewonnen.

Afrika: In der Republik Südafrika wird Baddeleyit im Tagbau von Palabora (siehe Kupfer, Vermiculit!) abgebaut. Seifenförmige Anreicherungen von Zirkon werden neuerdings in Richards Bay genutzt. Die Nilsande Ägyptens führen örtlich beträchtliche Mengen an Zirkon. Die nigerianischen Zirkone sind wegen ihres hohen Hafniumgehaltes bekannt.

Australien: Aus den Seifenlagerstätten Australiens (Queensland, New South Wales u. a.) stammt die größte Zirkonproduktion der Welt (rund 75%!).

Asien (inkl. europäische Sowjetunion): Obwohl keine Angaben über die Zirkonvorkommen in der Sowjetunion existieren, dürften enorme Mengen an Zirkon aus Seifen gewonnen werden.

In Malaysia und Thailand wird aus den Aufbereitungprodukten von Zinnerzen auch Zirkon gewonnen. Eine Seifenlagerstätte bei Prachnab Kirikhan ist im Stadium der Erschließung. Indien verfügt über große Zirkonseifen in Kerala und Tamil Nadu. Weitere Zirkonseifen bestehen in Korea, den Philippinen und Sri Lanka.

Europa: In Europa wird Zirkon nicht gewonnen.

Österreich: In Österreich sind keine wirtschaftlichen Zirkonvorkommen bekannt bzw. zu erwarten.

Hoffnungsgebiete

Hoffnungsgebiete für primäre Zirkonerze sind alkalibetonte granitoide Gesteinsserien, vor allem aber die sekundären Zirkonanreicherungen in Form von Seifen. Derartige Lagerstätten sind vor allem in Südamerika, den Philippinen, Korea, Australien, Südafrika u. a. o. zu erwarten.

**Zirkon-Welt-Bergbauproduktion und Reserven
1979 (geschätzt)**

		in short tons	
	Bergbau- produktion		Reserven- basis
USA	vertraulich	8 000 000	
Australien	500 000	16 000 000	
Republik Südafrika	90 000	4 000 000	
Andere Länder mit freier Marktwirtschaft	22 000	8 000 000	
Andere Länder mit zentrali- stisch gelenkter Marktwirt- schaft	groß	6 000 000	
Welt – Gesamt (gerundet)	612 000	42 000 000	

Substitution

Chromit und Aluminiumsilikate können im Gießereibe-
reich Zirkonium ersetzen.

In seinen Hauptanwendungszwecken kann Hafnium
nicht ersetzt werden.

Tabelle 10: Übersicht über Verbrauch und Verteilung ausgewählter mineralischer Rohstoffe in der Welt

Rohstoff	Hauptanwendungsbereiche	Verbraucher		Produzenten		Lagerstättenvorräte		Substitutionsmöglichkeiten	Recyclingmöglichkeiten
		große Verbraucher	Anteil des Verbrauchs im Bezug zur Weltförderung	große Produzenten	Anteil der Produktion im Bezug zur Weltförderung	Verteilung der großen sicheren und wahrscheinl. Vorräte	Anteil der sicheren und wahrscheinl. Vorräte im Bezug zu den Weltvorräten		
Aluminium (Bauxit)	Werk-, Bau-, Legierungsmetall, Verpackungsmaterial, Chemie	USA (rd. 37%) Japan (rd. 7%) UdSSR (rd. 7%)	51%	Australien Jamaika Guinea	53%	Australien Guinea Jamaika	75%	kaum	ja
Antimon	Legierungsmetall, Chemie, Gummi-, Keramische Industrie	USA (rd. 37%) GB * (rd. 8%) Frankreich (rd. 5%)	50%	Rep. Südafrika VR. China Bolivien	56%	VR. China Bolivien Rep. Südafrika	66%	ja	ja
Arsen ¹⁾	Schädlingsbekämpfung, Glasindustrie, Medizin, Lasertechnik			UdSSR Frankreich Mexiko		Schweden Mexiko Frankreich	?	ja	
Asbest	Feuerfestindustrie, Bremsbelege, Asbestzement, Filter	UdSSR (rd. 21%) USA (rd. 19%) Japan (rd. 9%)	49%	Kanada UdSSR Rep. Südafrika	81%	Kanada UdSSR Rep. Südafrika	73%	teilweise	unbedeutend
Barium (Baryt, Schwerspat)	Spülmittel für Erdölböhrungen, Chemie, Farben, Strahlenschutz, Füllstoff	USA (rd. 34%) UdSSR (rd. 13%) BRD (rd. 9%)	56%	USA UdSSR BRD	37%	USA VR. China UdSSR	43%	teilweise	kaum
Beryllium	Nuklear- und Raumtechnik, Elektronik, Spezialkeramik, Legierungen			Brasilien UdSSR Rep. Südafrika		Brasilien UdSSR Rep. Südafrika		teilweise	teilweise
Blei	Batterien, Kabel, Farben, Chemie, usw.	USA (rd. 28%) UdSSR (rd. 12%) BRD (rd. 6%)	46%	USA UdSSR Australien	44%	USA Australien UdSSR	52%	teilweise	ja
Bor	Glas, Emailind., Kunststoffind., Chemie, z. T. Flußmittel in der Hüttenindustrie	USA (rd. 32%) BRD (rd. 11%) Italien (rd. 8%)	51%	USA Türkei UdSSR	95%	Türkei USA UdSSR	91%	teilweise	nein
Cadmium	Batterien, Farben, Chemie, Kerntechnik, Legierungen	USA (rd. 27%) UdSSR (rd. 12%) BRD (rd. 12%)	51%	Kanada USA UdSSR	35%	Kanada USA UdSSR	50%	teilweise	kaum
Caesium (Rubidium)	Elektronik, Spezialgläser, Katalysatoren, Chemie			USA Zimbabwe-Rhodesien UdSSR	?	USA Zimbabwe-Rhodesien UdSSR	?	teilweise	
Chrom	Stahlindustrie, Chemie, Feuerfestindustrie	USA (rd. 18%) UdSSR (rd. 10%)	46%	UdSSR Rep. Südafrika Albanien	62%	Rep. Südafrika Zimbabwe-Rhodesien UdSSR	96%	kaum	*
Diamant ¹⁾	Bohr- und Schneidetechnik, Schmuckindustrie			Zaire UdSSR Rep. Südafrika	79%	Zaire Botswana Rep. Südafrika	89%	teilweise	nein
Diatomit ¹⁾ (Kieselgur)	Baustoff, Filter, Füllstoff, Absorptionsmittel			USA Frankreich Dänemark	56%	USA Dänemark Frankreich		teilweise	nein

* Prinzipiell möglich, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden zur Zeit betrieben (siehe Heft 3)

¹⁾ nach Angaben des U.S. Bureau of Mines (Mineral Commodity Summaries 1980)

Tabelle 10: (Fortsetzung 1)

Rohstoff	Hauptanwendungsgebiete	Verbraucher		Produzenten		Lagerstättenvorräte		Substitutionsmöglichkeiten	Recyclingmöglichkeiten
		größter Verbraucher	Anteil des Verbrauchs im Bezug zur Weltförderung	größte Produzenten	Anteil der Produktion im Bezug zur Weltförderung	Verteilung der größten sicheren und wahrscheinlichen Vorräte	Anteil der sicheren und wahrscheinlichen Vorräte im Bezug zu den Weltvorräten		
Eisenerz ¹⁾	Stahlindustrie	UdSSR Japan USA	61%	UdSSR Australien Brasilien	47%	UdSSR Kanada Brasilien	66%		ja
Feldspat	Keramische Industrie, Füllstoff			USA BRD UdSSR		USA BRD UdSSR		teilweise	
Flußspat	Hüttenindustrie, Keramik, Chemie, Glas	USA (rd. 30%) Japan (rd. 12%) BRD (rd. 7%)	49%	Mexiko UdSSR Spanien	32%	Mexiko Italien Rep. Südafrika	42%	teilweise	
Gallium	Elektronik, Thermometer			s. Zink	?	s. Zink	?	teilweise	
Germanium	Elektronik, Legierungen			s. Zink	?	s. Zink	?	ja	
Glimmer (Tafelglimmer)	Elektroindustrie, Füllstoff, Feuerfest-industrie	USA (rd. 55%) Japan (rd. 4%) BRD (rd. 4%)	63%	Indien	?		?	teilweise	nein
Gold	Währungsmetall, Schmuck-, elektronische Industrie, Medizin			Rep. Südafrika Zimbabwe-Rhodesien Kanada	71%	Rep. Südafrika Zimbabwe-Rhodesien	62%	teilweise	ja
Grafit	Gießereiindustrie, Schmiermittel, Reaktortechnik, Hochfeuerfestprodukte, Elektroden	USA (rd. 19%) Japan (rd. 18%) UdSSR (rd. 15%)	53%	UdSSR N-Korea Mexiko	57%	Madagaskar UdSSR Österreich	72%	teilweise	kaum
Ilmenit (Ti)	Stahl- und Leichtmetallindustrie, Elektronik, Farben, Schweißelektroden	USA (rd. 32%) Japan (rd. 13%) GB (rd. 9%)	54%	Norwegen Australien USA	58%	Norwegen USA Kanada	56%	Ti: teilweise	Ti:
Kalium	Düngemittel, Industriechemikalien			Kanada UdSSR BRD	?	Kanada UdSSR Israel	?	nein	
Kobalt	Legierungsmetall, Medizin, Strahlenquelle	USA (rd. 35%) Japan (rd. 15%) GB (rd. 8%)	58%	Zaire Australien Sambia	66%	Zaire Neu-Kaledonien Philippinen	48%	teilweise	*)
Kupfer	Elektroindustrie, Legierungsметall	USA (rd. 28%) UdSSR (rd. 11%) Japan (rd. 11%)	50%	USA UdSSR Chile	45%	Chile USA Peru	53%	teilweise	ja
Lithium ¹⁾	Metallurgie, Glas, Keramik, Batterien, Kerntechnik, Chemie			USA Zimbabwe-Rhodesien VR. China	?	Chile USA Zaire	84%		
Magnesium (Magnesit)	Leichtmetall-industrie, Magnesit: Feuerfestindustrie, Füllstoff, Baustoff-industrie, Chemie	USA (rd. 41%) UdSSR (rd. 18%) BRD (rd. 14%)	73%	N-Korea UdSSR Österreich	50%	VR.China UdSSR N-Korea	78%	teilweise	kaum

¹⁾ Prinzipiell möglich, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden zur Zeit betrieben (siehe Heft 3)

¹⁾ nach Angaben des U.S. Bureau of Mines (Mineral Commodity Summaries 1980)

Tabelle 10: (Fortsetzung 2)

Rohstoff	Hauptanwendungsgebiete	Verbraucher		Produzenten		Lagerstättenvorräte		Substitutionsmöglichkeiten	Recyclingmöglichkeiten
		größter Verbraucher	Anteil des Verbrauchs im Bezug zur Weltförderung	größte Produzenten	Anteil der Produktion im Bezug zur Weltförderung	Verteilung der größten sicheren und wahrscheinl. Vorräte	Anteil der sicheren und wahrscheinl. Vorräte im Bezug zu den Weltvorräten		
Mangan	Hüttenindustrie, Batterien, Chemie	UdSSR (rd. 27%) USA (rd. 16%) Japan (rd. 15%)	58%	UdSSR Rep. Südafrika Gabun	67%	Rep. Südafrika UdSSR Gabun	87%	kaum	*)
Molybdän	Stahlveredlung, Schmiermittel, Elektronik	USA (rd. 35%) Japan (rd. 13%) BRD (rd. 10%)	58%	USA Kanada Chile	87%	USA Chile UdSSR	88%	teilweise	*)
Nickel	Legierungsmetall, Akkumulatoren, chemische und elektronische Industrie	USA (rd. 28%) Japan (rd. 16%) UdSSR (rd. 15%)	59%	Kanada Neu-Kaledonien UdSSR	72%	Neu-Kaledonien Kuba Kanada	59%	teilweise	ja
Phosphate	Düngemittel, Chemie, Waschmittelindustrie	USA (rd. 32%) UdSSR (rd. 18%) Frankr. (rd. 7%)	57%	USA UdSSR Marokko	76%	Marokko UdSSR USA	85%	teilweise	nein
Platin- und Platinmetalle	Katalysatoren, Chemie, Elektronik	USA Japan UdSSR	80%	Rep. Südafrika UdSSR Kanada	99%	Rep. Südafrika UdSSR Kanada	98%	teilweise	teilweise
Quecksilber	Elektrische Geräte, Chemie			Spanien Jugoslawien Algerien	?	Spanien Jugoslawien USA	?	ja	ja
Rutil (Ti)	Farben, Stahl- und Leichtmetallindustrie, Elektronik, Schweißelektroden			Australien USA Indien	(86%)	Australien Sierra Leone USA	86%	teilweise	Ti: kaum
Schwefel ¹⁾	Düngemittel-, Gummi-, chemische Industrie			USA Kanada Polen	68%?	Naher Osten Kanada USA	47%	kaum	nein
Seltene Erden ¹⁾	Elektronik, Chemie (Katalysatoren), Supraleiter, Kerntechnik			USA rd. 60% Australien Indien	?	USA Indien Australien	83%	kaum	
Silber	Münz- und Schmuckmetall, Fotoindustrie, Elektronik, Galvanotechnik, Legierungen, Chemie	USA (rd. 39%) BRD (rd. 14%) Japan (rd. 12%)	65%	UdSSR Kanada Peru	44%	UdSSR USA Mexiko	65%	teilweise	ja
Steinsalz ¹⁾	Kunststoffindustrie, Chemie, Nahrungsmittelindustrie			USA VR. China UdSSR	49%	USA VR. China UdSSR	?	kaum	nein
Strontium ¹⁾	Legierungsmetall, Gettermaterial, Strahlungsquelle, Elektronik			Mexiko Großbritannien Spanien	83%	Mexiko Spanien Großbritannien	?	teilweise	
Talk ¹⁾	Keramik, Kosmetik, Füllstoff, Chemie			Japan USA UdSSR	?	USA Japan UdSSR	?	teilweise	
Thorium ^{1) *)}	Nukleartechnik, Elektronik, Katalysatoren			Australien Indien USA	?	Kanada Indien USA	73%	nein	
Titan	siehe Rutil, Ilmenit								

¹⁾ Prinzipiell möglich, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden zur Zeit betrieben (siehe Heft 3)

¹⁾ nach Angaben des U.S. Bureau of Mines (Mineral Commodity Summaries 1980)

Tabelle 10: (Fortsetzung 3)

Rohstoff	Hauptanwendungsgebiete	Verbraucher größte Verbraucher	Anteil des Verbrauches im Bezug zur Weltförderung	Produzenten größte Produzenten	Anteil der Produktion im Bezug zur Weltförderung	Lagerstättenvorräte Verteilung der größten sicheren und wahrscheinlichen Vorräte	Anteil der sicheren und wahrscheinlichen Vorräte im Bezug zu den Weltvorräten	Substitutionsmöglichkeiten	Recyclingmöglichkeiten
Uran	Nukleartechnik, Farbindustrie	USA		USA Kanada Rep. Südafrika	74%	USA Australien Rep. Südafrika	?	teilweise	ja
Vanadium	Legierungsmetall, Stahlveredler, Katalysator	USA (rd. 29%) BRD (rd. 12%) Japan (rd. 9%)	50%	Rep. Südafrika UdSSR USA	87%	UdSSR Rep. Südafrika Australien	95%	teilweise	*)
Wismut ¹⁾	Pharmazie, Chemie, Legierungen			USA Australien Mexiko Japan	54% (ohne USA)	Japan Australien Bolivien	57%	teilweise	
Wolfram	Hartmetallindustrie, Stahlveredler, Glühfäden	USA (rd. 19%) UdSSR (rd. 17%) Japan (rd. 8%)	44%	VR. China UdSSR USA	51%	VR. China UdSSR Kanada	76%	teilweise	*)
Zink	Korrosionsschutz, Elektrotechnik, Chemie, Kunststoffindustrie, Legierungen, Farben	USA (rd. 23%) Japan (rd. 11%) BRD (rd. 6%)	40%	Kanada USA UdSSR	50%	Kanada UdSSR Australien	43%	teilweise	ja
Zinn	Bleche, Elektronik, Legierungen, Färbemittel, Katalysator	USA Japan BRD	49%	Malaysia Bolivien Indonesien	56%	Indonesien VR. China Thailand	50%	ja	ja
Zirkon	Gießereisande, Keramik, Nuklear-technik, Glasindustrie, Legierungen	USA (rd. 35%) Japan (28%) Frankr. (9%)	74%	Australien USA Rep. Südafrika	96%	Australien USA UdSSR	60%	teilweise	

¹⁾ Prinzipiell möglich, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden zur Zeit betrieben (siehe Heft 3)

¹⁾ nach Angaben des U.S. Bureau of Mines (Mineral Commodity Summaries 1980)

Statistische Daten über die Versorgung Österreichs mit mineralischen Roh- und Grundstoffen

Von Monika Hille, Kurt Kremlitzka und Georg Sterk

VORBEMERKUNG

Jede effiziente Wirtschaftspolitik setzt als Grundlage für Erkenntnisse und Schlußfolgerungen ein fundiertes Datenmaterial voraus. Erst ein entsprechend aufbereitetes Datenmaterial erlaubt es, durch Analysen sowohl positive Tendenzen als auch Schwächen zu erkennen. Dies gilt grundsätzlich auch für die Rohstoffversorgung.

Ursprünglich bildeten in Westeuropa und später auch in Nordamerika die eigenen Rohstoffvorkommen die Grundlage für die Industrialisierung dieser Kontinente. Da die Aufbringung von Rohstoffen lange mit weniger Problemen verbunden war als deren Verarbeitung und der Absatz von Fertigprodukten, widmete man auch der statistischen Erfassung der Rohstoffversorgung weniger Aufmerksamkeit.

Auch in Österreich erfolgte bisher keine laufende, geschlossene Darstellung der Versorgung mit mineralischen Roh- und Grundstoffen. Veröffentlicht wurden lediglich Erfassungen einzelner Bereiche, wie der bergbaulichen Produktion im „Österreichischen Montanhandbuch“¹⁾, der industriellen Produktion in der amtlichen „Industriestatistik“²⁾ und der Importe in der amtlichen „Außenhandelsstatistik“²⁾.

Erst in den letzten Jahren hat man mit einer systematischen Erfassung und Darstellung der Versorgung Österreichs mit mineralischen Roh- und Grundstoffen begonnen.

Im Jahr 1973 hat die Firma „AUSTROMINERAL“³⁾ im Auftrag des Forschungsförderungsfonds der gewerbl-

¹⁾ Verfaßt im Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie, herausgegeben vom Montan-Verlag.

²⁾ Herausgegeben vom Österreichischen Statistischen Zentralamt.

³⁾ Österreichische Gesellschaft für Lagerstättenerschließung, Bergbau und Mineralwirtschaft Ges.m.b.H.

chen Wirtschaft und der ÖIAG⁴⁾ die Untersuchung „Erforschung optimaler Möglichkeiten der mineralischen Rohstoffversorgung der Republik Österreich“ vorgelegt. Der I. Teil dieser Untersuchung behandelt die „Struktur der Rohstoffversorgung Österreichs“

Das Österreichische Institut für Wirtschaftsforschung hat im Jahr 1978 im Auftrage des Bundesministeriums für Handel, Gewerbe und Industrie eine Studie „Analytische Grundlagen für das Konzept der Versorgung Österreichs mit mineralischen Roh- und Grundstoffen“ ausgearbeitet.

In Fortsetzung dieser Arbeiten wurden im Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie an Hand des vorhandenen Datenmaterials statistische Übersichten über die Inlandsproduktion sowie Importe und Exporte an mineralischen Roh- und Grundstoffen zusammengestellt. Diese Übersichten wurden dann zum Teil in Zusammenarbeit mit anderen einschlägig arbeitenden Stellen bzw. Personen, wofür ihnen herzlich gedankt sei, nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet. Besonderer Dank gebührt für wertvolle Mitarbeit Regierungsrat Ing. K. TURETSCHEK, Dr. W. TEUFELSBAUER und Dr. W. SCHENK.

Energierohstoffe, wie Kohle, Erdöl, Naturgas, und deren Weiterverarbeitungsprodukte wurden nicht behandelt, weil hierüber bereits ausführliche statistische Veröffentlichungen, auch in Form von Energiebilanzen, vom Österreichischen Statistischen Zentralamt und Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung vorliegen.

Es ist beabsichtigt, die angeschlossenen Basistabellen künftig sinnvoll zu ergänzen bzw. zu disaggregieren, um die Aussagekraft der Auswertungen zu erhöhen.

Sowohl die Basisdaten, als auch deren Auswertungen sollen fortgeführt und laufend veröffentlicht werden.

⁴⁾ Österreichische Industrieverwaltungs AG.

AUSGEWÄHLTE LITERATUR

- AMERICAN BUREAU OF METAL STATISTICS INC. ed.: Non-Ferrous Metal Date, 1975–1979, New York 1975–1979.
- AUSTROMINERAL, ed.: Erfassung optimaler Möglichkeiten der mineralischen Rohstoffversorgung der Republik Österreich (Bestandsaufnahme, Entwicklung und Empfehlung), I. Teil, Struktur der Rohstoffversorgung Österreichs, 41 S., 97 Anl., Wien 1977.
- : Erfassung optimaler Möglichkeiten der mineralischen Rohstoffversorgung der Republik Österreich (Bestandsaufnahme, Entwicklung und Empfehlung), II. Teil, Grundsätze der mittel- und langfristigen Bedeckungsmöglichkeiten des Rohstoffbedarfs Österreichs durch heimischen Bergbau, 94 S., 11 Anl., Wien 1973.
- : Erfassung optimaler Möglichkeiten der mineralischen Rohstoffversorgung der Republik Österreich (Bestandsaufnahme, Entwicklung und Empfehlung), III. Teil, Studie über Erdöl und Erdgas in Österreich, 85 S., Wien 1974.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR HANDEL, GEWERBE UND INDUSTRIE, OBERSTE BERGBEHÖRDE, ed.: Österreichisches Montanhandbuch 1972. – 46, XLIII + 294 S., Montanverlag, Wien 1972.
- : Österreichisches Montanhandbuch 1976. – 50, XXXIX + 275 S., Montanverlag, Wien 1976.
- : Österreichisches Montanhandbuch 1978. – 52, XXXI + 272 S., Montanverlag, Wien 1978.
- : Österreichisches Montanhandbuch 1979. – 53, XXXI + 259 S., Montanverlag, Wien 1979.
- : Österreichisches Montanhandbuch 1980. – 54, XXXIV + 259 S., Montanverlag, Wien 1980.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR HANDEL, GEWERBE UND INDUSTRIE, BUNDESMINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG, ed.: Symposium Rohstoffe und Zukunft, 95 S., Wien 1975.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, ed.: Ausfallrisiko bei 31 Rohstoffen. – Bergwirtschaftliche und rohstoffwirtschaftliche Kriterien für das Angebot und die Nachfrage wichtiger Rohstoffe. – Bd. 1, 378 S., Berlin-Hamburg-Hannover 1977.
- CALLOT, F.: Die Mineralstoffe der Welt, 215 S., Essen 1976.
- INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG HAMBURG (HWWA), ed.: Welt Konjunktur Dienst, 21–23, Hamburg 1978–1980.
- METALLGESELLSCHAFT AKTIENGESELLSCHAFT, ed.: Metallstatistik 1968–1978, 66, Frankfurt am Main 1979.
- METAL BULLETIN LTD., ed.: Metal Bulletin & Metal Bulletin Monthly, 1978–1980, London 1978–1980.
- ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, ed.: Analytische Grundlagen für das Konzept der Versorgung Österreichs mit Roh- und Grundstoffen. 1, Theoretische, methodische, internationale und makroökonomische Probleme, Entwurf, 147 S., 5 Übersichten, Wien 1978.
- : Analytische Grundlagen für das Konzept der Versorgung Österreichs mit Roh- und Grundstoffen. 2, Tendenzen des Verbrauchs einzelner Roh- und Grundstoffe, Entwurf, 148 S., Wien 1978.
- ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT, ed.: Der Außenhandel Österreichs 1971, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 248 S., Wien 1972.
- : Der Außenhandel Österreichs 1975, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 299 S., Wien 1976.
- : Der Außenhandel Österreichs 1977, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 303 S., Wien 1978.
- : Der Außenhandel Österreichs 1978, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 313 S., Wien 1979.
- : Der Außenhandel Österreichs 1979, Gesamtjahr Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised 2). – 152 S., Wien 1980.
- : Der Außenhandel Österreichs 1971, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised). – 110 S., Wien 1972.
- : Der Außenhandel Österreichs 1975, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised). – 115 S., Wien 1976.
- : Der Außenhandel Österreichs 1977, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised). – 121 S., Wien 1978.
- : Der Außenhandel Österreichs 1978, Gesamtjahr, Serie 2, Spezialhandel nach dem internationalen Warenauswahlkatalog (SITC-revised 2). – 142 S., Wien 1979.
- : Der Außenhandel Österreichs 1979, 1. bis 4. Vierteljahr, Serie 1A, Spezialhandel nach Waren und Ländern, Gesamtübersichten. – 336 S., Wien 1980.
- : Industriestatistik 1971, 1. Teil; Mengen und Werte der Produktion in detaillierter warenmäßiger Gliederung, Beschäftigte und Energieverbrauch, mit Vergleichszahlen für 1970. – 301. Heft, 144 S., Wien 1972.
- : Industriestatistik 1975, 1. Teil. – Beiträge zur Österreichischen Statistik. – Heft 432, 171 S., Wien 1976.
- : Industriestatistik 1977, 1. Teil. – Beiträge zur Österreichischen Statistik. – Heft 511, 174 S., Wien 1978.
- : Industriestatistik 1978, 1. Teil. – Beiträge zur Österreichischen Statistik. – Heft 544, 174 S., Wien 1979.
- : Industriestatistik 1979, 1. Teil. – Beiträge zur Österreichischen Statistik, im Druck.

SAMES W., BODEWIG F., WELLMER G.: Bericht über die Versorgung der Bundesrepublik Deutschland mit mineralischen Rohstoffen, 136 S., als Manuskript vervielfältigt, Bonn 1980.

STERK G.: Neue Rohstoff- und Bergbauaktivitäten in Österreich. – Österr. Kalender für Berg, Hütte und Energie 1979, S. 27–30, Wien 1979.

STERK G., WEBER L.: Neue Rohstoffaktivitäten in Österreich. – Berg- u. Hüttenm. Mh., 124, S. 456–464, Wien 1979.

U.S. BUREAU OF MINES ed.: Minerals Yearbook 1976.
– Vol. II, Area Reports: Domestic. – 838 S., U.S. Department of the Interior, Washington 1979.

–: Mineral facts and problems, – edited by the staff, Bureau of Mines, Bull. 667, Washington 1975.
–: Mineral Commodity Summaries 1980. – 191 S., U.S. Department of the Interior, Washington 1979.

WORLD BUREAU OF METAL STATISTICS, ed.: World Metal Statistics, 31–33, London–New York 1978–1980.