

Perspektiven der Nachfrage und der Versorgung

von

Helmut Kramer

Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten;
Grundlagen der Rohstoffversorgung, Heft 9,
Neue Rohstoffe für neue Technologien - Symposium in Wien
am 21. und 22. März 1988, Wien 1988.

Perspektiven der Nachfrage und der Versorgung

H. Kramer

Zusammenfassung

Die Aussichten auf die weltwirtschaftliche Entwicklung erscheinen derzeit zwar nicht besonders ungünstig, doch darf nicht übersehen werden, daß grundlegende weltwirtschaftliche Probleme ungelöst sind. Der Anpassungsdruck auf die Strukturen speziell der hochentwickelten Industrieländer wird anhalten, traditionelle Produktionskapazitäten müssen weiter eingeschränkt werden.

Am Beispiel der Stahlindustrie, wo die Lage besonders dramatisch erscheint, läßt sich das illustrieren: im Raum der OECD wurde die Produktion seit 1974 um 17 Prozent verringert, die Beschäftigung jedoch um 40 Prozent oder um 900.000 Arbeitsplätze. Dennoch beträgt die Kapazitätsauslastung nicht einmal 70 %. Da junge Industrieländer ihre Stahlkapazitäten laufend ausbauen, werden weiterhin Exportmärkte verloren gehen. Neu entwickelte Technologien vermögen diese Trends zu bremsen jedoch nicht umzukehren. Die Nähe zu Verbrauchern und hohe Qualitäten sichern jedoch auch auf längere Sicht die Aufrechterhaltung der Stahlproduktion innerhalb des durch Transportkosten geschützten Radius.

Bei anderen mineralischen und metallischen Rohstoffen wird die Entwicklung von ähnlichen Kräften diktiert: energie-, rohstoff- und umweltkostengünstigere Standorte werden vordringen, die Verarbeitungskapazitäten in den alten Industrieländern haben jedoch weiterhin gute Chancen. Dies gilt besonders, wenn die technisch faszinierenden Möglichkeiten neuer Werkstoffe und von Verbundwerkstoffen genutzt werden. Ihrem Vordringen sind hauptsächlich wirtschaftliche Bremsen angelegt, doch ist zumindest eine Versechsfachung ihrer Absatzmärkte bis zum Jahr 2000 prognostiziert.

Perspektiven der Nachfrage und der Versorgung

Es ist eine Binsenweisheit, daß die Nachfrage und das Angebot an Rohstoffen einerseits von weltwirtschaftlichen Entwicklungstendenzen, andererseits von den Fortschritten der Technologie - bei Rohstoffproduzenten ebenso wie bei Verarbeitern - bestimmt wird.

Die weltwirtschaftlichen Entwicklungstendenzen der letzten Jahre kann man schwerlich als besonders glücklich ansprechen. Das

Wachstum der Produktion und des Welthandels verlangsamte sich in den achtziger Jahren in großen Teilen der Welt, namentlich in den hochentwickelten Industrieländern, in Osteuropa, in den ölexportierenden Ländern und bei einem Großteil der rohstoffexportierenden Entwicklungsländer. Eine verhältnismäßig kleine Gruppe junger Industrieländer, vor allem in Südostasien, verzeichnete immerhin im wesentlichen ungebrochenes Wachstum und konnte auf den Weltmärkten vor allem für Industriegüter vordringen. Die gravierendsten Folgen der Wachstumsverlangsamung waren ein Anstieg der Arbeitslosigkeit in den Industrieländern, Überkapazitäten und Kapitalvernichtung in traditionellen Industriebereichen, besonders in der herkömmlichen Industriebasis der Stahlerzeugung und der Grundstoffchemie, ein Absinken der wirtschaftlichen Bedeutung vieler Rohstoffproduzenten - das bezieht sich auf Unternehmen ebenso wie auf Volkswirtschaften, deren Wertschöpfung stark auf der Produktion und dem Export von mineralischen oder auch von erneuerbaren Rohstoffen beruht, die Schuldenkrise, die Kredite, die in der Zeit dynamischer Entwicklung aufgenommen wurden, nicht nur nicht rückzahlbar, sondern oft auch nicht verzinsbar werden ließ.

Es gibt viele Erklärungen für die unbefriedigende weltwirtschaftliche Entwicklung. Natürlich handelt es sich um ein Syndrom, in dem sich die verschiedensten Einflüsse gegenseitig verstärken. Entscheidend scheint mir zu sein, daß die einzelnen Teilnehmer an der Weltwirtschaft, vor allem die mächtigen hochentwickelten Industrieländer bisher nicht zu einer gemeinsamen und konsistenten wirtschaftspolitischen Strategie gegen die Krise gefunden haben. Im Gegenteil: nationale Egoismen und Auffassungsunterschiede bewirken heftig schwankende Wechselkurse, starke Fluktuationen der Öl- und anderer Energiepreise sowie ein Wiederaufleben protektionistischer Tendenzen. Diese haben allerdings gegenüber früheren Jahren teilweise neue Formen angenommen: die eigene Produktion wird nicht in erster Linie durch Zölle oder Importkontingente geschützt, sondern durch eine Vielfalt nicht-tarifärer Handelshindernisse und durch einen volkswirtschaftlich schädlichen internationalen Wettlauf der Subventionen.

Im Augenblick ist keine grundlegende Überwindung dieser Situation für die nächsten Jahre abzusehen. Die mittelfristigen Wirtschaftsperspektiven, die vom Währungsfonds, von der Weltbank oder von der OECD in jüngerer Zeit vorgelegt wurden, gehen zwar im allgemeinen davon aus, daß es in den kommenden Jahren nicht neuerlich zu schockartigen Veränderungen wichtiger Daten kommen werde, aber auch nicht zu einer durchgreifenden Beschleunigung oder

höheren Effizienz der Weltwirtschaft. Die nationalen wirtschaftspolitischen Planungen tun gut daran, diese Ausgangslage realistisch zu sehen und nicht auf eine bevorstehende Hochkonjunktur Hoffnungen zu setzen.

Der Umstand, daß die internationale Wirtschaftspolitik auf globaler Ebene auch nicht annähernd eine Stabilität der Rahmenbedingungen - also etwa der Wechselkurse oder der Energiepreise - garantieren kann und auch wenig Gewähr bietet, daß Konkurrenten ihre Produktion nicht in wettbewerbsverzerrender Weise subventionieren, hat insbesondere eine logische Konsequenz: Investoren werden weiterhin unsicher sein, wo sie ihr Kapital langfristig am günstigsten placieren sollen und Regierungen werden weiterhin unter Druck stehen, die eigene volkswirtschaftliche Basis gegen schädliche Einflüsse der weltwirtschaftlichen Situation zu schützen, auch wenn allen Beteiligten klar ist, daß eine solche Haltung global gesehen nicht optimal ist.

In dieser Situation wird die Bedeutung von wirtschaftlichen Zusammenschlüssen auf regionaler Ebene, innerhalb derer zumindest eine ausreichende Stabilität der Wettbewerbsbedingungen, der Wechselkurse und anderer wirtschaftspolitischer Daten angestrebt wird, immer größer. Regionale Gruppierungen treiben ihre interne Harmonisierung und Integration voran, freilich mit dem Effekt der weltwirtschaftlichen Desintegration. Eine der wichtigsten derartigen Bemühungen ist die wirtschaftliche Integration Westeuropas, die nach den Plänen der Europäischen Gemeinschaft in den neunziger Jahren in die Phase der Vollendung des Binnenmarktes gehen soll.

Dominieren auf der Seite der Wirtschaftspolitik nahezu unlösbar erscheinende Probleme die Lage vor allem auch der Rohstoffproduzenten, so kann auf der anderen Seite der technologischen Entwicklung vielfach ein faszinierender Fortschritt der Grundlagenforschung, aber auch die Entwicklung vielversprechender Anwendungsmöglichkeiten festgestellt werden. Trotz geringem Wirtschaftswachstum geht der Strukturwandel der hochentwickelten Volkswirtschaften nach wie vor dynamisch voran. Die Produktion von rohstoff- und energieintensiven, aber auch von umweltbelastenden Industriegütern, verlagert sich weltweit in weniger entwickelte Regionen, die oft große Kostenvorteile bei der Gewinnung der Rohstoffe und der Energie aufweisen und in denen die politische Umweltsensibilität noch gering ist. Dazu kommt, daß arbeitskostenintensive Produktionen, bei denen das technische Know-how international transferiert werden und von geschulten Arbeitskräften in Niedriglohnländern auch beherrscht werden kann, gleichfalls in junge Industrieländer abwandern.

Der Platz der älteren, hochentwickelten Industrieländer, zu denen auch Österreich zählt, wird immer mehr von folgenden Voraussetzungen bestimmt:

1. Produktionen, bei denen Nähe zum Markt ein Wettbewerbsvorteil ist. Dies betrifft nicht nur Luxusartikel des Konsums, sondern auch kundenspezifische technische Produktionen, bei denen Flexibilität und Liefertreue eine Rolle spielen. Dieser Aspekt wird dadurch noch verstärkt, daß viele Erzeuger ihre Lagerkosten drastisch zu verringern suchen und daher vom Vorlieferanten präzise Einhaltung der Termine verlangen. Ein Beispiel für solche Produkte sind durchaus auch Flachwalzwaren der Stahlindustrie.

2. Produktionen, die hohe Qualifikation der Arbeitskräfte, vor allem auch in technischer Hinsicht erfordern. Dabei handelt es sich einerseits um die ersten Jahre der Marktreife neuer Technologien, bis deren Transfer in Niedriglohnländer möglich erscheint, oder um alles, was man unter dem Titel "Maßschneiderei" zusammenfassen kann, wo also Problemlösungen und nicht Standardprodukte angeboten werden müssen.

3. Produktionen - dies überlappt sich mit Punkt 2 - mit einem hohen Anteil an Software-Entwicklung, sowohl im Sinne der Mikroelektronik, wie, allgemeiner, die Lösung von logistischen und organisatorischen Aufgaben.

Schließlich, 4., werden Produktionen hier ihren Standort behalten können, die entweder durch ausreichende Rohstoffbasis oder durch Transportkosten oder durch außenhandelspolitische Maßnahmen - denken Sie an die Landwirtschaft - geschützt sind.

Die Negativliste umfaßt demnach hauptsächlich Produktionszweige, die Standardprodukte für den Konsum und die Investitionen aufgrund von bekannter und transferierbarer Technologie herstellen, weiters solche, für die der Standort wegen quantitativ und qualitativ unzureichender Rohstoff- und Energieversorgung ungünstig geworden ist, schließlich solche, bei denen niedrige Arbeitskosten eine dominierende Rolle im Wettbewerb spielen.

Das gravierendste Beispiel eines Industriezweiges, der auf diese Weise den Rückzug antreten mußte, bietet die Stahlindustrie. Diese, die mehr als ein Jahrhundert lang Basis und Schrittmacher des industriellen Fortschritts war, geriet in den siebziger Jahren in eine Schere, die durch langsamer wachsende oder stagnierende Nachfrage

einerseits und zunehmende Produktionskapazitäten an neuen Standorten andererseits gekennzeichnet ist.

Die Probleme und die Perspektiven der Stahlindustrie sind das wirtschaftlich bedeutendste und auch kennzeichnendste Beispiel für die Entwicklung auch in einigen anderen Basisindustrien. Ich werde mich daher mit ihnen etwas eingehender auseinandersetzen. Die Probleme der Verarbeitung anderer mineralischer und speziell metallischer Rohstoffe sind keineswegs einheitlich zu sehen. Manche haben Perspektiven, die jenen der Stahlindustrie ähneln, andere stehen durchaus auch vor einem bedeutend günstigeren Ausblick, teilweise gerade, weil sie technologisch als Konkurrenz und als Weiterentwicklung der Stahlverwendung auftreten. Mit solchen neuen Rohstoffen und Technologien werden Sie sich ja im Laufe des Symposiums eingehend auseinandersetzen. Mir fehlt dazu teilweise auch die Fachkenntnis.

Zwischen 1974 und 1987 ist die Rohstahlerzeugung in den Ländern der OECD - also Westeuropas, Nordamerikas und Japans - insgesamt um rund 17 Prozent gesunken. In diesem Zeitraum wurden etwa 40 Prozent der Arbeitsplätze - in absoluten Zahlen fast 900.000 - vernichtet. In manchen Ländern, etwa in den USA oder in Großbritannien war die Entwicklung noch dramatischer. Trotz der forcierten Reduktion der Kapazitäten erreicht die Kapazitätsauslastung auch derzeit kaum 70 Prozent.

Auf der anderen Seite sind Kapazitäten in Ländern, die früher keine eigene Erzeugung aufwiesen, ständig gewachsen. Zwischen 1980 und 1986 ist die Rohstahlerzeugung Chinas von 37 auf 52 Millionen Jahrestonnen, jene Brasiliens von 15 auf 21 und jene Südkoreas von 8 auf 15 Millionen Tonnen gewachsen. Auch die Türkei, Jugoslawien, Venezuela, Indien, Taiwan und Saudi-Arabien haben beachtliche Kapazitäten aufgebaut. Das bedeutet zumindest, daß sich für die Stahlunternehmen in den traditionellen Industrieländern keine zusätzlichen Exportmöglichkeiten abzeichnen, viel eher schon das Gegenteil.

Das Internationale Stahlinstitut schätzt, daß der Weltstahlverbrauch zwischen Mitte der achtziger und Mitte der neunziger Jahre von etwa 775 Millionen Tonnen Rohblockäquivalenten insgesamt um rund 6 1/2 bis 7 Prozent, also auf 825 Millionen Tonnen zunehmen wird, jährlich um rund 1/2 Prozent im Durchschnitt. In den Ländern der OECD wird es jedoch zu einer weiteren Verringerung der Kapazitäten im Ausmaß von mindestens einem Prozent pro Jahr kommen müssen.

Das heißt nicht zuletzt, daß jährlich weiterhin 30.000 bis 50.000 Stahlarbeiter ihren Arbeitsplatz verlieren werden.

An diesen Perspektiven ändert sich auch nichts Grundsätzliches, wenn man in Betracht zieht, daß Verbesserungen der Stahltechnologie Kosteneinsparungen in der Produktion bringen, die in den technologisch führenden Unternehmen der herkömmlichen Stahlstandorte früher eingesetzt werden können. Ich meine, daß dadurch möglicherweise vorübergehende Atempausen gewonnen werden können. Der Trend wird jedenfalls nicht umgedreht werden. Dies umso mehr, als technologische Verbesserungen auch die Aufnahme der Stahlproduktion in leistungsfähigen Kleinstahlwerken in Entwicklungsländern erlauben, die dann als Märkte verloren gehen und entweder direkt oder über den Schrottpreis den traditionellen Erzeugern Konkurrenz machen.

Die wirtschaftspolitische Behandlung des Stahlproblems befindet sich in einem schweren Dilemma. Mit der Stahlindustrie sind ganze Regionen und Industriestandorte verwoben. Ihre Schließung bedeutet häufig nicht nur das "Aus" für ein bestimmtes Werk, sondern für eine wirtschaftliche und soziale Umgebung. Diese politischen Überlegungen haben dazu geführt, daß hohe Marktaustrittsbarrieren aufgebaut wurden, die sowohl Subventionen, wie auch Quotenregelung und Außenschutz umfassen. Denen entgegen sollten zum Beispiel in der EG Anreize für die Einschränkung der Produktionskapazität wirken. Diese Methode war bisher wenig erfolgreich: sie hat den Anpassungsstau nicht reduziert und hat noch wenig dazu beigetragen, daß ganze Standorte aufgegeben wurden, um so leistungsfähigere aus eigener Kraft lebensfähige Einheiten zu ermöglichen.

Die EG basiert die Fortführung ihres Quotensystems, das einen gewissen Mengen- und Preisschutz darstellt, auf Stilllegungszusagen. Diese betreffen bis 1990 die Schließung von rund 5 Mio Jahrestonnen Kapazität für Warmbreitband, über 3 Mio Tonnen für Quatrobleche und 2 1/2 Mio Tonnen für schwere Profile.

Ob diese Schließungszusagen auch eingehalten werden, ist mit einiger Skepsis zu beurteilen. Sie bedeuten auch nicht eine Lösung des Subventionsproblems. Subventionen haben die Eigenschaft, die guten Sitten zu verderben. Lange Zeit beklagte sich vor allem die deutsche Stahlindustrie über Wettbewerbsnachteile aus diesem Grund, die sie etwa im Vergleich zur italienischen oder französischen erleide. Als nun der traditionsreiche Standort Krupp-Rheinhausen zur Schließung anstand, entwickelte auch die deutsche Wirtschaftspolitik einen ge-

wissen Erfindungsreichtum zumindest zur sozialen Abfederung (wie das so schön heißt) der Folgen.

An Österreich konnten diese Entwicklungen auf den Weltstahlmärkten und besonders in Westeuropa natürlich nicht spurlos vorübergehen. Ich habe freilich den auf vielen Indikatoren gestützten Eindruck, daß man hier etwa ab Ende der siebziger Jahre die Anpassung der Kapazitäten bedeutend zögernder betrieb als in anderen Ländern. Zur Verschlechterung der Weltmarktpreise kam zusätzlich noch die Aufrechterhaltung eines der Auslastung und Produktivität kaum entsprechenden Niveaus der gesamten Arbeitskosten, die die vorwärts orientierte Anpassung der österreichischen Unternehmen behinderte. Die notwendigen Schnitte sind, wie wir alle wissen, derzeit im Gang. Sie werden zu weiteren Reduktionen der Belegschaftsstände führen müssen und sie werden Exportkapazitäten beschneiden müssen. Angesichts der Situation in der EG ist auch klar, daß Österreich sich in seiner Stahlpolitik den dort getroffenen Regelungen des Wettbewerbs anpassen muß, will es nicht Gefahr laufen, von den EG-Märkten überhaupt ausgeschlossen zu werden.

All dies heißt nun nicht, daß es in Österreich oder in anderen traditionsreichen Stahlländern über kurz oder lang keine Stahlindustrie mehr geben wird. Einerseits ist klar, daß die heimischen Erzeuger durch Transportkosten nach wie vor einen gewissen "Marktschutz" genießen. Dazu kommt, daß es in bestimmten Produktgruppen, insbesondere im Flachstahlbereich, Vorteile des engen Kontakts zwischen Erzeugern und Verarbeitern gibt, die man von Österreich aus z.B. gegenüber der süddeutschen Automobilindustrie auch auf längere Sicht nutzen können. Weiters ist die Qualität der hüttentechnischen Forschung und Ausbildung in Österreich ein Garant für weiteren technischen Vorsprung. Damit sind Vorbedingungen gegeben, die es durchaus realistisch erscheinen lassen, daß Märkte in einem gewissen Radius von einigen hundert Kilometern auf Dauer und kostendeckend aus österreichischen Hütten- und Walzwerken beliefert werden können. Freilich erscheinen für dieses Ziel die heute noch gegebenen Kapazitäten zu groß und Schließungspläne leider eine Notwendigkeit.

Andere metallische und mineralische Rohstoffe unterliegen teilweise ähnlichen Einflüssen wie das Eisen. Darunter befinden sich solche, deren Nachfrage nicht mehr expandiert, weil bessere Surrogate auf den Markt kommen, wo also alte von neuen Rohstoffen allmählich verdrängt werden. Dann gibt es weiters solche, deren Standort durch die relative Verteuerung der Energie- und der Umweltkosten bedroht wird. Im Falle der Tonerdeverhüttung waren es bekanntlich gerade

diese Faktoren, die die Stilllegung einer bedeutenden und traditionsreichen Kapazität in Österreich erzwangen, die auch angesichts des technischen Fortschritts bei der Rohaluminiumerzeugung nicht zu vermeiden war. Aluminium besitzt immerhin günstigere Nachfrageperspektiven als Stahl, so daß die Chance, mit qualitativ hochwertigem Alu-Halbzeug und mit Fertigwaren Märkte und Kapazitäten zu halten, gegeben erscheint. Manche Rohstoffe, vor allem die Massenerohstoffe der Bauwirtschaft wiederum weisen gedämpfte Zukunftsperspektiven auf, weil die Aussichten auf die Bauproduktion, also auf die Nachfrage wegen anhaltender Finanzierungsprobleme vor allem des öffentlichen Sektors und wegen hoher Realzinskosten getrübt sind und weil zusätzlich gerade auch gegen die Gewinnung von Schotter, Sand und Kalkstein Umweltschutzwiderstände immer mächtiger werden.

Die Rohstoffwirtschaft als naturwissenschaftlich fundierter Zweig der Industrie weist jedoch keineswegs nur absolut oder relativ schrumpfende Sektoren auf. Systematische Forschung läßt erwarten, daß Rohstoffe mit Eigenschaften entwickelt werden, die völlig neue Anwendungsbereiche erschließen können. Über die volkswirtschaftliche Bedeutung solcher neuer Rohstoffe liegen bedauerlicherweise noch kaum verlässliche Daten vor.

Klar ist aber, daß faszinierende Perspektiven entstehen. Werkstoffforscher und Ingenieure besitzen bereits genügend Grundlagenwissen über die Atomzusammenhänge, um neue Werkstoffe und deren Eigenschaften vorhersehen und planen zu können. Es handelt sich dabei um eine auffallende Parallele zur Erforschung der Eigenschaften und Verwendung der Informationen in der DNS mit ihren Anwendungen für die Biotechnologie. In der Tat sind die heute schon absehbaren Möglichkeiten ungeheuer: es können Polymerfasern gewonnen werden, die so stark wie Stahl sind. Es können Halbleiter-Laser gebaut werden, die Frequenzen über hunderte, sogar tausende Kilometer ohne Verstärker übertragen können.

Aus technischer Sicht erscheint sehr wahrscheinlich, daß solche Möglichkeiten auch bedeutende und rasch wachsende Märkte eröffnen. Es verwundert nicht, daß Prognosen existieren, die für keramische Werkstoffe und für Werkstoff-Zusammensetzungen ein jährliches Nachfragewachstum zwischen 20 und 40 Prozent erwarten lassen, in zehn Jahren also Zuwächse auf das sechs- bis 30-fache. Gewichtseinsparungen bei Autos, höhere Effizienz bei der Treibstoffverbrennung, schnellere Computer wären wichtige Produkte, die sich damit herstellen ließen.

Der Ökonom muß bei der sozusagen nahtlosen Umsetzung des Labor- und Reißbrettwissens auf die Wirtschaft etwas skeptischer bleiben. Auch wenn die Grenzen, die die technischen Eigenschaften früher setzten, weit hinausgeschoben erscheinen, gibt es natürlich nach wie vor physikalische Grenzen. So wird etwa prognostiziert, daß hochtechnologische Keramik und Zusammensetzungen im Jahr 2000 einen Weltmarkt von rund 200 Milliarden Schilling vorfinden werden. Immerhin ist das erst ein Fünftel des derzeitigen Stahl-Weltmarktes. Und auch diese Größenordnung muß davon ausgehen, daß Verbrennungsmotoren beim Einsatz solcher Werkstoffe zwar wesentlich effizienter, gleichzeitig aber schwerer werden.

Wir wissen auch aus der Ausbreitung der Mikroelektronik und der Telekommunikation, daß die technisch denkbaren Möglichkeiten teilweise weit vor der wirtschaftlichen Nutzung vorausziehen. Lernen, das Tempo der Ausbreitung des Wissens, die sozialen Widerstände, die zu überwinden sind, und nicht zuletzt wirtschaftliches Kalkül, daß vorhandenes materielles und humanes Kapital nicht zu rasch abgeschrieben werden können, setzen dem Tempo der Umsetzung Grenzen.

Was bleibt, ist der Eindruck, daß die Werkstoffwissenschaften sehr viel zur Überwindung wirtschaftlicher Probleme beitragen können und daß sie uns eine Faszination vermitteln, die die wirtschaftliche Situation und deren Perspektiven leider in letzter Zeit vermissen ließen.

Das Rohstoffangebot der Erde

von

Leopold Weber

Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten;
Grundlagen der Rohstoffversorgung, Heft 9,
Neue Rohstoffe für neue Technologien – Symposium in Wien
am 21. und 22. März 1988, Wien 1988.

Das Rohstoffangebot der Erde

L. Weber

Der Club of Rome

Vor nunmehr rund 20 Jahren, im Jahre 1968 trafen in Rom 70 Wissenschaftler, Industrielle, Wirtschaftsexperten und Humanisten zusammen, um die Ursachen und inneren Zusammenhänge der sich immer stärker abzeichnenden Probleme in Zusammenhang mit dem Wachstum der Menschheit zu ergründen.

Im Bericht des "Club of Rome" zur Lage der Menschheit wurde unter anderem ein recht düsteres Szenarium bezüglich der Verfügbarkeit mineralischer Rohstoffe gemalt:

"Auch wenn man die wirtschaftlichen Faktoren wie Preiserhöhungen bei Verknappungen nicht in Betracht zieht, erscheinen uns die gegenwärtigen Vorräte an Platin Gold, Zink und Blei nicht mehr ausreichend, um die Nachfrage zu befriedigen. Bei der gegenwärtigen Expansionsrate können Silber, Zink und Uran selbst bei sehr hohen Preisen noch in diesem Jahrhundert knapp werden. Bei der gegenwärtigen Verbrauchsrate ist zu erwarten, daß um 2050 die Vorkommen weiterer Minerale erschöpft sind.

Zwar wurden erst in jüngster Zeit neue Vorkommen entdeckt, aber es gibt nicht mehr viel Gebiete, in denen die Suche nach Mineralien noch sinnvoll ist. Die Ansichten der Geologen über die Chancen, auf neue, ergiebige Erzlagerstätten zu stoßen, gehen auseinander. Es wäre auf lange Sicht unklug, sich auf Neuentdeckungen zu verlassen."

Heute wissen wir, daß die recht pessimistischen Annahmen nicht realistisch waren. Einer der Ursachen für diese Fehleinschätzung war sicherlich die völlig unzureichende Berücksichtigung und Einbeziehung der Erkenntnisse der modernen Rohstoffgeologie sowie der Prospektionstechnik, Fehleinschätzungen über Zuwachsraten, von Verbrauch und Nachfrage, sowie der Entwicklung moderner rohstoffsparender Technologien.

Eine der krassesten Fehleinschätzungen betrafen sicher die Metalle Silber und Zinn:

Unter Annahme einer statischen Entwicklung (auf Basis Mitte der 60-er Jahre) wären lediglich Silbervorräte für 16 Jahre, Zinnvorräte für 17 Jahre, bei dynamischer Betrachtung gar nur Silber für 13 und Zinn für 15 Jahre verfügbar gewesen. Derartige Angaben einer "Lebensdauer" eines Rohstoffes ausgedrückt in Jahren sind allein aus geologischer Sicht abzulehnen und sollten eher als Kennziffer verstanden werden.

Beide Metalle dürften uns heute aus natürlichen Rohstoffvorkommen nicht mehr zur Verfügung stehen. Tatsache aber ist, daß die heute bekannten und verfügbaren Vorräte beider Metalle für die nächsten Jahrzehnte ausreichen. Aus dem Preisniveau beider Rohstoffe läßt sich ebenfalls keineswegs eine drohende Verknappung ableiten.

Uns wurde aber deutlich vor Augen geführt, und dies war und ist sicherlich kein Irrtum, daß Rohstoffvorkommen endlich sind, und eine sparsame Nutzung geboten ist.

An Hand einiger wichtiger Rohstoffe sollen die unterschiedlichen Entwicklungen, vor allem aber einige interessante Interdependenzen vor Augen geführt werden, wobei versucht werden soll, auch auf die Rohstoffe für die Hochtechnologie etwas einzugehen.

Aufgerüttelt durch die zum Teil alarmierenden Prognosen begannen Bergbauunternehmungen weltweit in nicht immer edlem Wettstreit ihre Rohstoffbasis im eigenen Lande, in erster Linie aber im Ausland abzusichern.

Angebot sucht Nachfrage

Die Folge des Explorationsbooms der vergangenen beiden Jahrzehnte:

Der integrative Einsatz verschiedenster Prospektions- und Explorationsmethoden hat, aufbauend auf geologisch fundierten Suchkonzepten, zum Beispiel Plattentektonik, zu einem bemerkenswerten Anstieg der Rohstoffvorräte geführt. Völlig unberücksichtigt sind dabei aber noch jene Mengen, die jährlich abgebaut wurden.

Bei einer Reihe von wichtigen mineralischen Rohstoffen sind heute mehr Vorräte bekannt als je zuvor. Es wurden aber in den beiden vergangenen Jahrzehnten nicht nur die Vorräte deutlich erhöht, sondern auch die Produktionskapazitäten, um bei sinkenden Metall-

gehalten überhaupt rentabel produzieren zu können. Dies hat aber in bestimmten Sektoren dazu geführt, daß aus einer nunmehr eingetretenen Disproportionalität zwischen Angebot und Nachfrage Rohstoffe nicht mehr in vollem Umfang abgesetzt werden können. Das Überangebot manifestiert sich dabei heute recht deutlich im gedrückten Rohstoffpreisniveau. Viele renommierte Bergbaue mußten in den letzten Jahren zeitweilig stillgelegt oder überhaupt geschlossen werden. Die letzten Jahre waren von derartigen Schließungen geprägt, eine Entwicklung, die fatal an jene des Jahres 1929 erinnert, wo als Folgewirkung der Weltwirtschaftskrise eine Reihe von Bergbauen, und n i c h t als Folge einer Vorratsverknappung schließen mußten.

Auch fertig explorierte Lagerstätten werden heute angesichts der Unabsetzbarkeit der Rohstoffe einfach nicht mehr aufgeschlossen oder Projekte trotz erfolgreichen Verlaufes abgebrochen, einfach deswegen, weil, wie SAMES es in seinem Buch "Anaconda" ausdrückte, die Geologen "too bloody good" arbeiteten und eine Unzahl von bislang unbekanntem, ja sogar unerwarteten Vorkommen entdeckten. So fällt bereits heute auf jeden produzierenden Kupfererzbergbau eine komplett explorierte oder sogar bereits erschlossene Kupfererzlagerstätte.

Es darf nämlich nicht übersehen werden, daß die Projekte in günstigen Zeiten begonnen wurden. Bis ein auf der "grünen Wiese" entdecktes Vorkommen ausreichend prospektiert, exploriert und aufgeschlossen ist, kann oft ein Jahrzehnt verstreichen, ein Zeitraum, in denen sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen oft grundlegend ändern können.

Sind Rohstoffprognosen überhaupt möglich?

Rohstoffproduktion: Bekannte oder Unbekannte?

Eine wichtige Voraussetzung für Rohstoffprognosen stellen ausreichend sichere Angaben über die Produktion, Vorräte sowie andere lagerstätten- und bergbauspezifische Einzelheiten dar. Viele berufene, aber auch weniger kompetente, selbsternannte Experten befassen sich damit. Bisweilen werden Produktionsangaben ohne ausreichende Hinterfragung sorglos addiert, und nicht unter Hauwerk, Konzentrat oder Metallinhalt unterschieden. Erschwerend wirkt dabei, daß manche Länder, vor allem die des Ostblocks solche Daten zumeist vertraulich behandeln und man auf Schätzungen angewiesen ist. Als Verfasser der Weltbergbaudaten können wir aus Erfahrung leider auf eine Reihe von derartigen Schwierigkeiten hinweisen.

Vorräte: Bekannte oder Unbekannte?

Die natürliche Konsequenz daraus sind ein unglaubliches Wirrwarr und Unterschiede vor allem in den Vorratsabschätzungen im Bereich von Zehnerpotenzen. Obwohl es internationale Empfehlungen über die Klassifikation der Rohstoffvorräte gibt, halten die meisten Länder an ihren eigenen Gepflogenheiten fest, sodaß oft auch die Vergleichbarkeit unmöglich ist.

Versucht man dennoch, die äußerst heterogenen Vorratsangaben konventioneller Vorkommen auf einen gleichen Nenner zu bringen, ergibt sich für eine Reihe "klassischer" Rohstoffe folgende Entwicklung der Vorräte:

| Nachgewiesene Vorräte (soweit nicht anders angegeben: in Mio t Metallinhalt | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------------------|------------------|
| | Blei | Zink | Kupfer | Chrom |
| Club of Rome 1968 | 91 | 123 | 308 | 775 |
| BGR Hannover 1981 | 156 | 241 | 551 | 3541 |
| US BM 1985 | 143 1400 *) | 300 1800 *) | 525 1600 *)t 700 *)m | 6828 33600 *) |

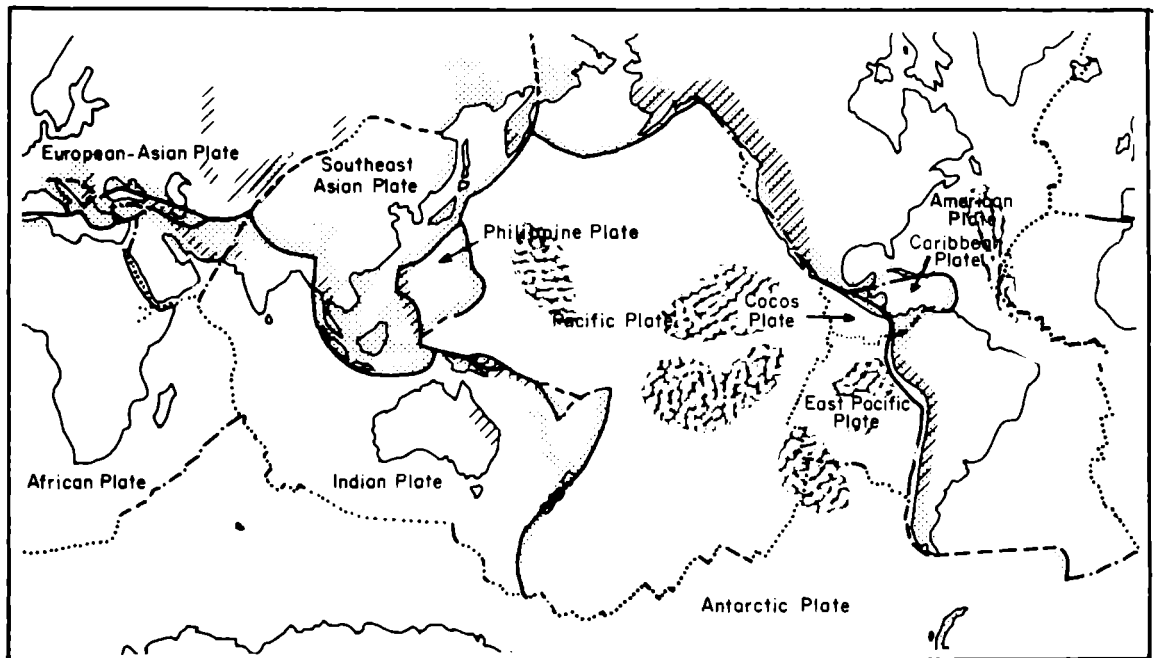
*) Versuchsweise Schätzungen
t terrestrisch
m marin

Bereits aus dieser Übersicht ist die beachtliche Erhöhung der Vorräte aus konventionellen Vorkommen deutlich erkennbar.

Schwer abschätzbar oder bewertbar sind zweifelsohne die Vorräte solcher Begleitrohstoffe, die in Komplexerzlagerstätten angereichert vorliegen. Die heute in der Hochtechnologie benötigten Metalle wie Gallium, Germanium usw. treten bekanntlich nicht in eigenen Lagerstätten auf und sind in stark wechselndem Umfang an Blei-Zinkerz-, Kupfer- oder Bauxitlagerstätten gebunden.

Noch schwerer abschätzbar sind dagegen die zusätzlichen Vorräte sogenannter unkonventioneller Rohstoffvorkommen, das sind solche Anreicherungen von mineralischen Rohstoffen, die zur Zeit aus den verschiedensten Gründen (noch) nicht genutzt werden.

Zu den unkonventionellen Rohstoffvorkommen zählen zweifelsohne noch die Tiefseeknollen und metallhaltigen Erzschlämme, die durch submarine Exhalationen längs Schwächezonen der Erdkruste als "black smokers" empordringen. Fast alle Knollenlagerstätten liegen dabei in Meerestiefen zwischen 4000 und 6000 Metern.



aus: F.J.SAWKINS: Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics
(leicht modifiziert)

////// Bereiche mit porphyrischen Kupfer- und Molybdänvererzungen

~~~~~ Vorkommen von Manganknollen

Gerade diese Rohstoffvorkommen beinhalten ein Vielfaches der bekannten konventionellen, terrestrischen Vorkommen: Der Vorrat an Manganknollen beträgt nach vorsichtigen Schätzungen rund 1000 Mrd t. Die durchschnittlichen Metallgehalte werden dabei mit je 1% Ni und Cu, die Co Gehalte mit rund 0,2-0,3% eingeschätzt. Die Mangangehalte liegen dabei zwischen 15 und 25%. Durch die ständige Zufuhr aszendenter, mineralisierter hydrothermalen Lösungen bilden sich jährlich an die 10 Mio t derartiger Knollen.

Wurde noch vor wenigen Jahren die Meinung vertreten, daß bereits Mitte der 90er Jahre mit dem Tiefseebergbau begonnen werden kann, ist dies auf Grund verschiedenster Umstände in weite Ferne gerückt.

Wenngleich bereits jetzt wesentlich höhere Vorräte an bestimmten mineralischen Rohstoffen auf den Tiefseeböden in Form von Knollen und Schlämmen als auf den Kontinenten bestehen, sind noch eine Reihe von Fragen ungelöst.

Es darf mit Recht angenommen werden, daß verschiedene technische Probleme die mit der Gewinnung unter extremen Druckverhältnissen (ca 600 bar) zusammenhängen, gelöst werden können. Noch ungelöste Probleme stellen jedoch zweifelsohne die mit der untermeerischen Abbautätigkeit verursachten Umweltprobleme dar:

Submarine Lagerstätten sind nach heutigen Gesichtspunkten nur dann wirtschaftlich, wenn jährlich rund 4,5 Mio t Knollen gefördert werden können, was gleichzeitig bedeutet, daß jährlich rund 550 km<sup>2</sup> "abgeweidet" werden müssen. Dabei fallen überschlagsmäßig rund 45 Mio t Feinschlamm an, was bei einer 20-jährigen Abbautätigkeit rund 1 Mrd t an Schlamm ergibt.

Die Schlammfahnen werden dabei durch untermeerische Strömungen Hunderte km weit verdriftet, was nicht abschätzbare Umweltschäden hervorrufen könnte.

Sicherlich sind die enormen Ressourcen beruhigend, noch beruhigender allerdings die Tatsache, angesichts der mit einer Nutzung verbundenen ökologischen Probleme noch lange nicht auf sie zurückgreifen zu müssen.

Wie rasch aber sog. unkonventionelle Vorkommen in konventionelle überleiten können, sei an einem anderen Beispiel demonstriert:

War lange Zeit die Gewinnung von Lithium aus niedrigkonzentrierten Solen (ca 0.12% Li), sog. Brines unwirtschaftlich, wurden angesichts der enormen, kaum abschätzbaren Ressourcen in den Salzwüsten Nord- und Südamerikas gewaltige Anstrengungen zu deren Nutzbar-machung unternommen.

Mitte der 60-er Jahre wurde in den Vereinigten Staaten der erste erfolgreiche Versuch unternommen, derartige Li-hältige Brines der Lagerstätte Silver Peak im US Bundesstaat Utah zu nutzen.

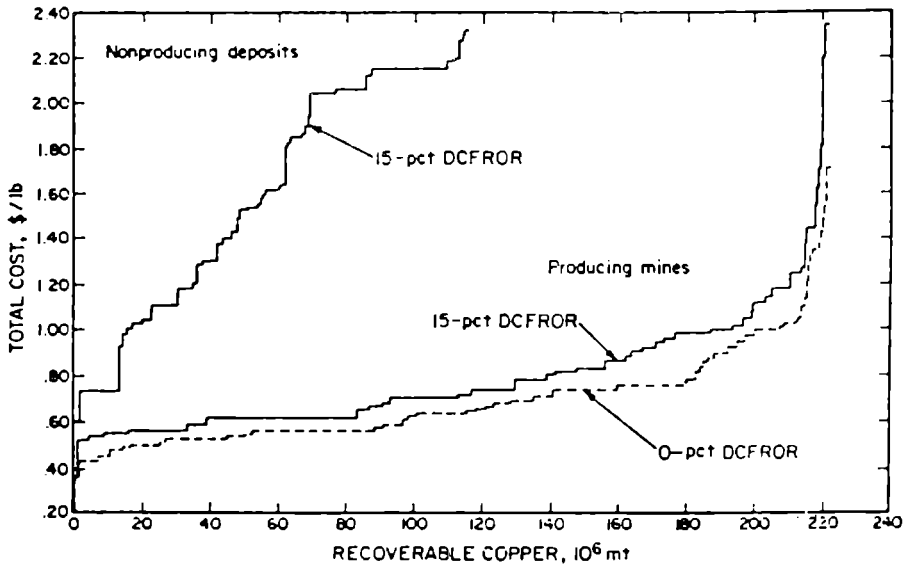
Erst im Jahre 1984 wurde in Chile die Gewinnung von Li-Verbindungen aus derartigen Brines in großem Umfang durch Bohrlochbergbau in den nahezu unerschöpflichen Lagerstätten der Atacama Wüste begonnen. Die wesentlich kostengünstigere Gewinnung führte aber dazu, daß etablierte Lithiumerzproduzenten ihre kostenaufwendige Spodumenproduktion merklich zurücknehmen mußten, um einem drohendem Überangebot und einem möglichen Preisverfall wirksam entgegenzutreten. Diese Produktionsrücknahme erfolgte für die bisherigen Marktleader aber ohne größere Einbußen, zumal diese letztendlich auch die Betreiber der Anlagen in der Atacama Wüste sind. Für Newcomer sind auf Grund dieser Entwicklung nur mehr schmale Marktnischen erkennbar.

#### **Der Rohstoffpreis.....**

F.CALLOT 1973 vertrat die an sich richtige Ansicht, daß die Vorräte von den Rohstoffpreisen beeinflußt werden. Unter der richtigen, aber völlig unrealistischen Annahme, daß die Bauwürdigkeitsgrenze sich den Clark'schen Werten der einzelnen Elemente nähern, stünden Vorräte für Millionen von Jahren zur Verfügung (Als Clark'schen Wert bezeichnet man die durchschnittliche Konzentration eines Elementes in der Erdkruste ausgedrückt in ppm).

Rohstoffvorräte und Rohstoffpreise stehen also in einem engen Zusammenhang.

Welchen Einfluß der Rohstoffpreis auf die Vorräte tatsächlich ausübt, sei am Beispiel des Metalls Kupfer demonstriert.

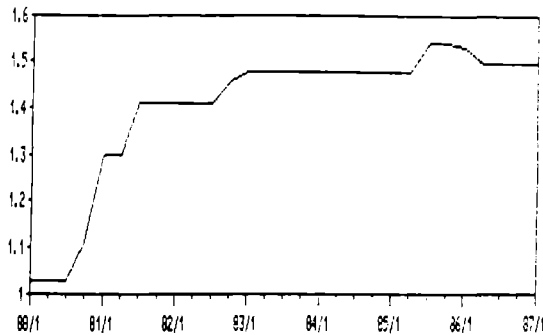


Verfügbares Kupfer der westlichen industrialisierten Länder auf Preisbasis Jänner 1985; aus: USBM Bull.692

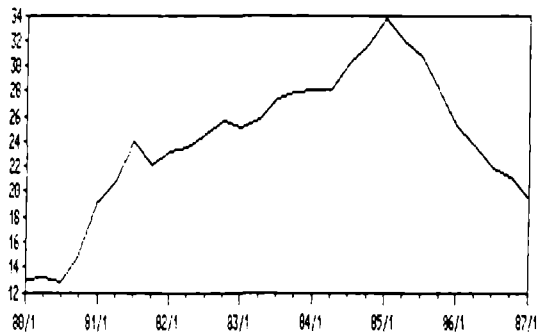
Höher ansetzbare Grenzerträge bewirken eine Erhöhung der tatsächlich verfügbaren Vorräte. Durch eine erfolgreiche Exploitationstätigkeit verschiebt sich der steile Anstieg der Kurve stetig weiter nach rechts.

Einen wesentlichen Einfluß für den Rohstoffproduzenten spielt dabei zweifelsohne die Schwäche des US-Dollars. Ein Vergleich der Entwicklung der Rohstoffpreisnotierungen auf Dollarbasis und jener auf Schillingbasis zeigt, daß mit Beginn des Verfalls des US-Dollars eine regelrechte Rohstoffpreiskrise mitausgelöst wurde.

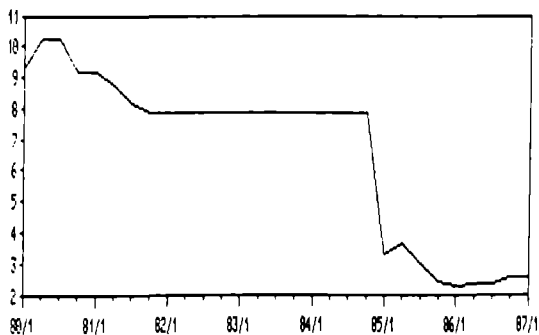
LITHIUMKARBONAT  $\xi$ -BASIS



LITHIUMKARBONAT  $\phi$ -BASIS



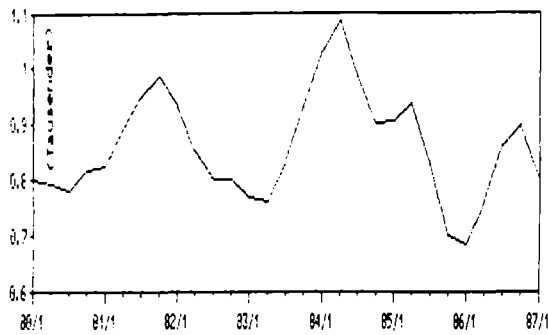
MOLYBDAN  $\xi$ -BASIS



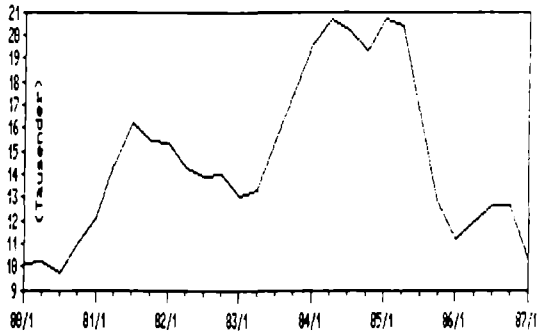
MOLYBDAN  $\phi$ -BASIS



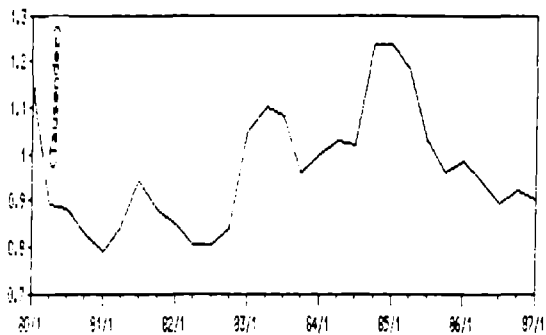
ZINK-PRODUZENTENPREIS  $\xi$ -BASIS



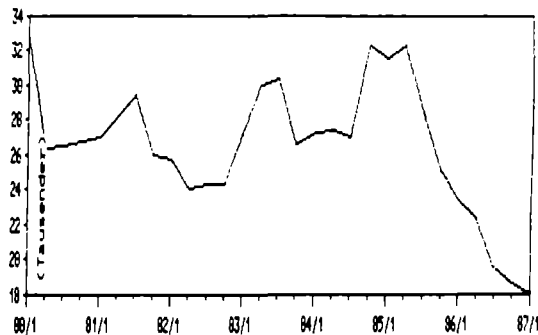
ZINK-PRODUZENTENPREIS  $\phi$ -BASIS



KUPFER  $\xi$ -BASIS



KUPFER  $\phi$ -BASIS

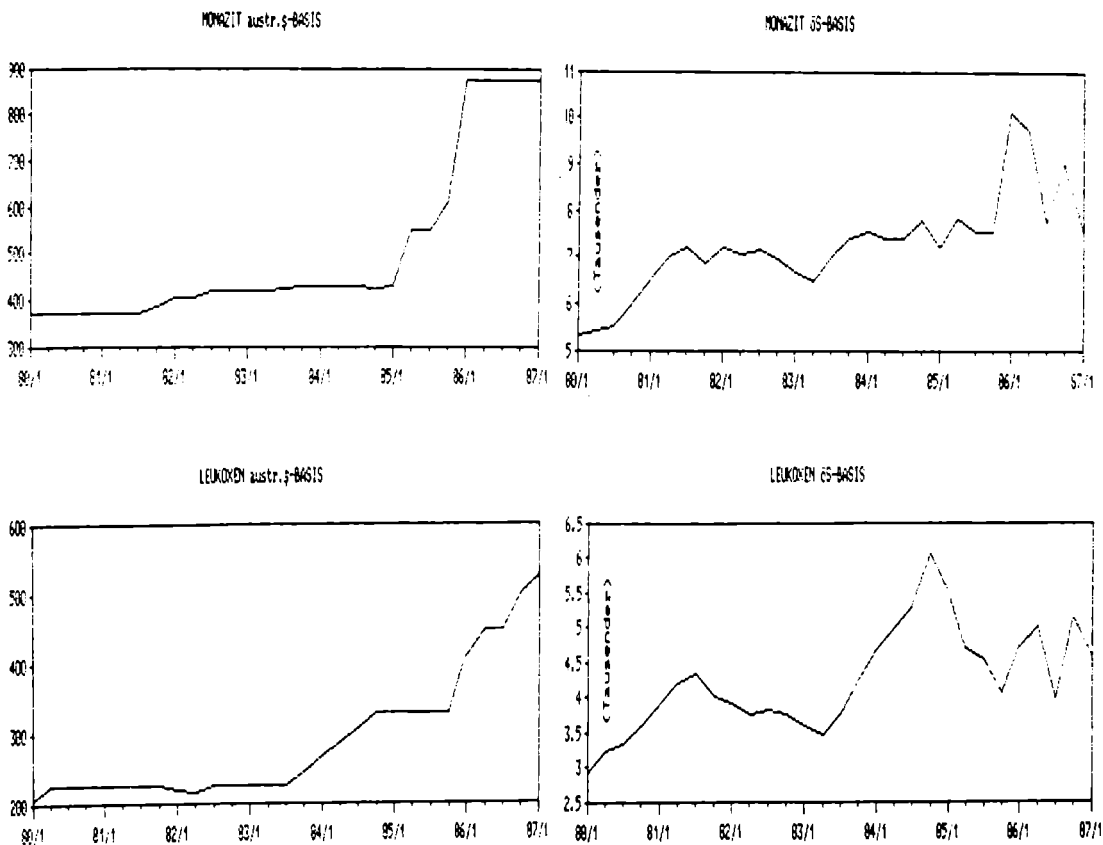


Unschwer kann daraus die eindeutige Benachteiligung der Nicht-US Rohstoffproduzentenländer erkannt werden.

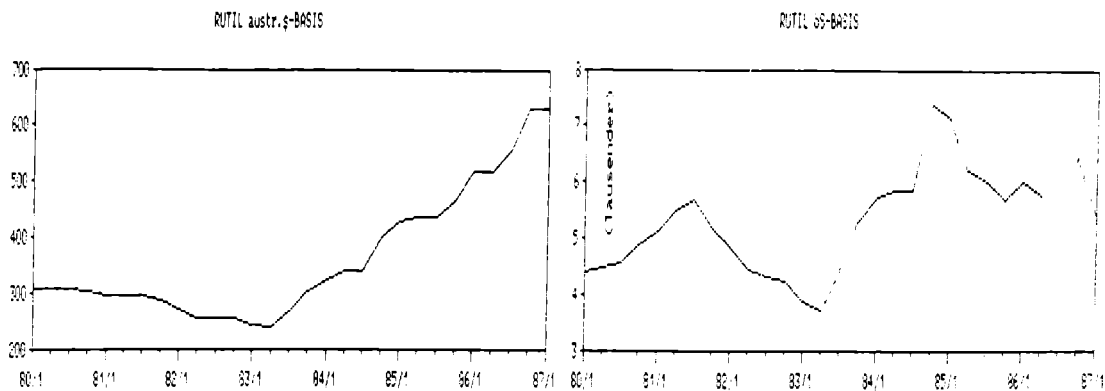
Besonders stark von dieser ungünstigen Entwicklung betroffen sind die sog. "klassischen" Rohstoffe wie z.B. Blei, Zink, aber auch die meisten Stahlveredler. Der Molybdänpreis ist - wie auf der entsprechenden Kurve unschwer erkennbar - auf ein noch nie dagewesenes Minimum verfallen: Eine für den Verbraucher sicher angenehme, für den Produzenten allerdings oft letale Entwicklung.

Viele potente Unternehmen mußten weit unter den Gesteungskosten produzieren und schließlich unter den gegebenen wirtschaftlichen Verhältnissen die Produktion einstellen.

Die Entwicklung der Rohstoffpreise ist jedoch keineswegs einheitlich. Eine Reihe von Rohstoffen zeigt sogar trotz Dollarschwäche eine deutlich gegenläufige, positive Tendenz:







Beispielsweise zeigen die Schwermineralsande (Ilmenit, Rutil, Leukoxen) eine derartige Entwicklung. Diese positive Tendenz ist u.a. auf eine Verknappung von Vorräten im klassischen Produktionsland Australien zurückzuführen, wo insbesondere eine Reihe von Lagerstätten entlang der Ostküste aus Umweltgründen nicht mehr im vollen Umfang oder gar nicht mehr betrieben werden können, vom Neuaufschluß von Lagerstätten ganz zu schweigen. Gerade an der Ostküste Australiens liegen aber die hochwertigsten Vorräte.....

Der Großteil der Industriemineralien, Steine und Erden ist im Wesentlichen von den Wechselkursschwankungen nur in geringerem Umfang betroffen. Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, auf die Hintergründe näher einzugehen.

Bei dieser Rohstoffgruppe ist ein gegenüber metallischen Rohstoffen überproportionales Ansteigen des Verbrauches und auch der Preise unverkennbar.

In einer von der Fa Austroplan im Auftrag der Weltbank erstellten Studie wurde nachgewiesen, daß bis in die höchsten Einkommenschichten eine deutliche positive Korrelation zwischen Bevölkerungszahl und dem Verbrauch an Industriemineralen besteht.

Industriemineralien sind - nicht zuletzt auf Grund ihres niedrigeren Preisniveaus - kaum oder nur in geringem Umfang substituierfähig. Gleichzeitig ist die Recyclingquote mit wenigen Ausnahmen gleich Null.

Im Gegensatz zu verschiedenen Erzen sind Industrieminerale auch gleichmäßiger über die Erde und auf die verschiedenen Ländergruppen verteilt.

Bislang wurden gerade diese Industrieminerale zu Unrecht äußerst gering geachtet. Viele hochwertige Produkte sind aus derartigen Rohstoffen gefertigt. Sind möglicherweise unter den Industriemineralen weitere Rohstoffe der Zukunft?

In den letzten beiden Jahrzehnten konnten die Rohstoffvorräte bei nahezu allen mineralischen Rohstoffen konventioneller Lagerstätten deutlich erhöht werden, sodaß eine Verknappung durch Auserzung der bekannten terrestrischen Lagerstätten in den nächsten Generationen nicht zu erwarten ist. Wohl sind aber Verlagerungen der Produzenteländer möglich.

### Marktstörungen

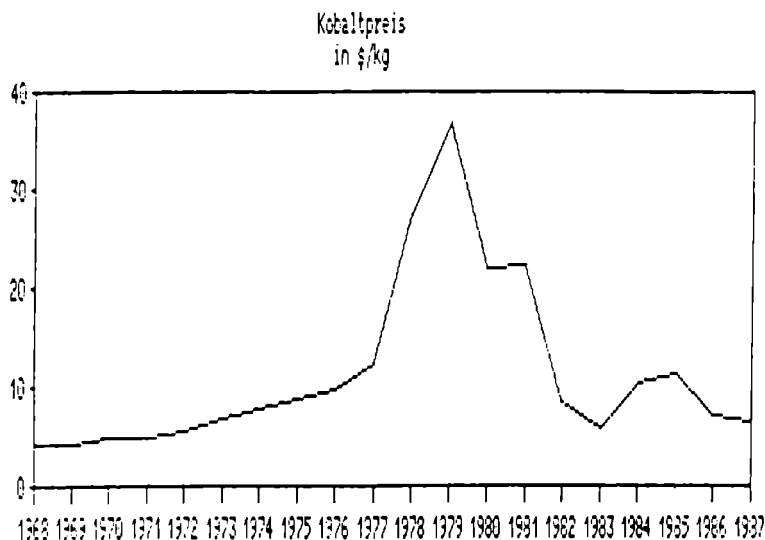
Verknappungen können jederzeit zumindest theoretisch dann eintreten, wenn nur wenige Anbieter den Markt kontrollieren. Derartige Störungen sind heute aber kaum zu befürchten, zumal dazu eine einheitliche Haltung aller Einzelproduzenten und Produzenteländer notwendig ist. Die Androhung verschiedener Staaten, die Rohstoffwaffe einzusetzen, ist kaum furchterregend, sie wird vielmehr von anderen Produzenteländern, die bislang von den Großproduzenten eher in die Ecke gedrängt wurden, insgeheim begrüßt, da sich für diese nunmehr endlich der Markt öffnet. Im übrigen bedeutet die Meinung einer mit der Rohstoffwaffe rasselnden Regierung nicht, daß sich auch die einzelnen Rohstoffproduzenten damit identifizieren können.....

Es wäre aber fatal, die geogene Konzentration von Rohstoffvorräten, auf die noch näher eingegangen werden soll, zu übersehen

| Vorräte an mineralischen Rohstoffen in % |         |              |           |                           |  |
|------------------------------------------|---------|--------------|-----------|---------------------------|--|
| Rohstoff:                                | 1.Land  | 2.Land       | 3.Land    | akkum.Vorräte<br>3 Länder |  |
| Platin                                   | RSA 90% | UdSSR 9%     | Kanada 1% | 100%                      |  |
| Vanadium                                 | RSA 56% | UdSSR 36%    | China 4%  | 96%                       |  |
| Chrom                                    | RSA 67% | Zimbabwe 25% | UdSSR 4%  | 96%                       |  |
| Gold                                     | RSA 60% | UdSSR 15%    | USA 6%    | 81%                       |  |

### **Überfluß durch Mangel:**

Sollte tatsächlich ein Rohstoff aus welchen Gründen auch immer verknappen, wird durch die verbundene Rohstoffpreiserhöhung die Suche nach neuen Vorkommen stimuliert.



### **Entwicklung des Kobaltpreises in den Jahren 1968-1987**

Als Ende der 70-er Jahre aufgrund politischer Wirren in Zaire, dem bedeutendsten Kobaltproduzenten, die Kobaltversorgung der westlichen Welt empfindlich gestört wurde, setzte ein enormer Preisanstieg dieses Stahlveredlermetalls ein. Die Folge davon war, daß die Kobaltverbraucher beachtliche Anstrengungen unternahmen, dieses Metall zu substituieren. Darüberhinaus setzte eine intensive Suche nach diesem Rohstoff ein, eine Vielzahl kleinerer Lagerstätten wurden reaktiviert. Die Rohstoffkrise war bald überwunden, die Vorratsbasis enorm gestiegen. Auch den Verbrauchern war es gelungen, einen Teil des Metalls für bestimmte Anwendungsbereiche durch andere Rohstoffe zu substituieren. In diesem Lichte darf man in Rohstoffkrisen auch Positives erkennen.

Dabei sind die konventionellen Rohstoffvorkommen an Kobalt keineswegs erschöpft. Während heute der überwiegende Teil des Kobalts als Beiprodukt bestimmter Kupfervererzungen gewonnen wird, sind die größten Vorräte in lateritischen Vererzungen zu suchen, die zur Zeit nur völlig untergeordnet genutzt werden.

Es darf nochmals daran erinnert werden, daß auch die Manganknollen eine ganz wichtige Kobaltressource darstellen, zumal alleine die Knollenlagerstätten etwa das 25-fache der bekannten terrestrischen Kobaltvorräte beinhalten.

### **Hoffungsgebiet Tiefe...**

Konventionelle Rohstoffvorkommen werden z.Z. in Bergbauen gewonnen, deren Tiefe bei einigen Hundert Metern gelegen ist. Aus rein geowissenschaftlicher Überlegung ist aber die Lagerstättenführung keineswegs auf diese obersten Hundert Meter der Erdkruste beschränkt.

Auch wenn der Vergleich hinkt, daß - gemessen zur Größe der Erde - nur eine verschwindend dünne Haut hinsichtlich der Rohstoffführung erforscht ist, kann durch Vordringen in größere Teufen mit einer Vergrößerung der Vorratsbasis gerechnet werden.

Daher sind durchaus auch die Ansichten H.O. HERRERAs, wonach unter Annahme der weiteren Fortsetzung und Gewinnung der Rohstoffe gegen die Teufe sich die Vorräte vervielfachten, absolut realistisch. Höhere Rohstoffpreise lassen höhere Gestehungskosten durchaus zu. Die derzeitigen Förderkosten und die technische Beherrschbarkeit setzen allerdings noch deutliche Grenzen.

Steigende Energiekosten würden das Vordringen in größere Teufen, aber auch die Nutzbarmachung sog. Armerzlagerstätten wieder wesentlich erschweren, und wieder eine Verringerung der verfügbaren Vorräte bedeuten.

### **Rohstoffe und Strukturwandel..**

Die Dauer der Verfügbarkeit mineralischer Rohstoffe kann sich zwangsläufig erhöhen, wenn der Bedarf - aus welchen Gründen auch immer - rückläufig ist.

Modernere Technologien verlangen mitunter andere Rohstoffe. Dieser Strukturwandel trifft dabei den einzelnen Rohstoffproduzenten recht hart. Ein weiterverarbeitendes Unternehmen kann durch Anpassung des Produktionsablaufes, Verwendung anderer Rohstoffe usf weiter konkurrenzfähig produzieren. Ein Kupfererzbergbau bleibt aber ein Kupfererzbergbau und kann zumindest aus seiner Lagerstätte nicht auf andere Rohstoffe umdisponieren.

Manche Rohstoffe leiden aber heute aus verschiedensten Gründen unter Absatzschwierigkeiten:

Blei- und Zinkerze fallen aus geochemischen Gründen stets gemeinsam an. Eine verstärkte Nachfrage nach Zinkerzen zieht gleichzeitig einen vermehrten Anfall an Bleierzen mit sich, ganz egal ob letztere benötigt werden oder nicht.

Blei wird in immer größerem Umfang recycelt, in bestimmten Anwendungsbereichen überhaupt substituiert.

Das mit den Blei- und Zinkerzen anfallende Cadmium hat sich vom einstigen Wertstoff zum heutigen Problemstoff gewandelt. So ist in Schweden die Verwendung von Cadmium weitgehend untersagt. Andere Länder wollen diesem Beispiel folgen.

Molybdän ist (noch) wirtschaftliches Beiprodukt porphyrischer Kupfererzlagerstätten. Verminderte Nachfrage nach diesem Stahlveredlermetall bei einem gleichzeitigem Überangebot hat die ausschließlichen Molybdänherzproduzenten vor ernste Probleme gestellt und ein Monopol nahezu zu Fall gebracht. Betriebsstillegungen und Kapazitätseinschränkungen in den Bergbauen Henderson und Climax waren die Folge.

Traditionelle Rohstoffe wie Kupfer werden durch Glasfasern verdrängt.

Teure Rohstoffe werden durch billigere ersetzt.

In etwas günstigerem Lichte ist jedoch die Zukunft des Silbers, zumindest was die Verfügbarkeit betrifft, zu sehen: Es darf erinnert werden, daß primäres Silber heute eigentlich nicht mehr zur Verfügung stehen dürfte. Hier dürfte von den Experten des Club of Rome wohl übersehen worden sein, daß lediglich 10% aus eigenen Silbererzlagerstätten stammen, während der überwiegende Teil aus komplexen Sulfiderzlagerstätten, nämlich rund 60% aus Blei-Zinkerzlagerstätten herleiten. Weitere 30% stammen aus Kupfererzlagerstätten, der Rest aus Goldvererzungen. Für die Vorratsabschätzung ist also eine äußerst komplexe Betrachtungsweise notwendig.

Die verminderte Nachfrage nach bestimmten traditionellen Rohstoffen, verbunden mit der Inflexibilität mancher Rohstoffproduzenten hat bisweilen zu nicht mehr absetzbaren Rohstoffhalden geführt.

### **Vorratsländer versus Produktionsländer**

Stehen uns also derartige Rohstoffmengen zur Verfügung, daß wir unbesorgt in die Zukunft sehen können? Hier ist große Vorsicht, vor allem eine äußerst differenzierte Betrachtungsweise geboten:

Lagerstätten mineralischer Rohstoffe sind Anreicherungen bestimmter Minerale oder Mineralgemenge, die auf natürliche geochemische und/oder physikalische Vorgänge in oder auf der Erdkruste entstanden sind. Lagerstätten sind an bestimmte lithologische oder strukturelle Elemente gebunden, die selbst wiederum von der Großtektonik kontrolliert werden. Jede tektonische Einheit hat ihr eigenes, charakteristisches Rohstoffinventar.

Rohstoffe sind also an geologische Einheiten und nicht an einzelne Länder gebunden. Vorratsländer sind nicht zwingend Produktionsländer, Produktionsländer nicht zwingend Rohstofflieferanten, da zunehmend getrachtet wird, im Sinne einer Maximierung der Wertschöpfung den Rohstoff im eigenen Land zu einem möglichst hochwertigen Produkt weiterzuveredeln.

Rohstoffvorkommen sind also - regional gesehen - äußerst inhomogen verteilt und keineswegs ubiquitär.

Dies ist auch der Grund dafür, weshalb in bestimmten geologisch-tektonischen Einheiten nur bestimmte Rohstoffvorkommen zu erwarten sind, andere dafür wiederum nicht. Dies ist aber auch der Grund dafür, daß die Rohstoffvorkommen nicht immer ausgerechnet dort sind, wo sie auch tatsächlich benötigt werden.

Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß in den Entwicklungsländern oftmals die für eine Gewinnung notwendige Infrastruktur noch völlig unzureichend ist. Enorme Bauxitvorkommen in Obervolta und Ghana können nicht genutzt werden, weil es an Straßen, Bahnlinien, vor allem aber an Energie fehlt.

| Rohstoffvorräte und Produktion nach Ländergruppen |         |         |         |       |
|---------------------------------------------------|---------|---------|---------|-------|
| Rohstoff                                          | EL      | WIL     | SHL     | Summe |
|                                                   | V / P   | V / P   | V / P   |       |
| Bauxit                                            | 70 / 46 | 26 / 42 | 4 / 12  | 100   |
| Blei                                              | 9 / 23  | 69 / 48 | 22 / 29 | 100   |
| Zink                                              | 13 / 42 | 75 / 53 | 12 / 25 | 100   |
| Kupfer                                            | 55 / 46 | 33 / 33 | 12 / 25 | 100   |
| Lithium Pegm                                      | 29 / 29 | 71 / 48 | n.a/ 23 | 100   |
| Lithium Brines                                    | 96 /    | 4 /     | n.a/    | 100   |
| Chrom                                             | 29 / 16 | 68 / 50 | 3 / 34  |       |
| Uran low cost                                     | 23 / 8  | 77 / 66 | n.a/ 26 | 100   |
| Uran high cost                                    | 7 /     | 93 /    | n.a/    | 100   |
| Gold                                              | 1 / 15  | 78 / 62 | 21 / 23 | 100   |
| Silber                                            | 33 / 41 | 47 / 37 | 20 / 22 | 100   |

Quelle: Weber, L., Pleschitschnig, I.: Weltbergbaudaten '87 (BMWA)  
US. Bureau of Mines: Bull.692

Wie unterschiedlich sich in den letzten Jahren bei verschiedenen Rohstoffgruppen Vorratssituation, Angebot und Nachfrage entwickelt haben, sei an einigen, ausgewählten Fällen demonstriert:

#### Nichteisenmetalle:

In den letzten 2 Jahrzehnten wurden eine Reihe von Großlagerstätten entdeckt, exploriert und in Betrieb genommen. Zu den spektakulärsten Neuentdeckungen zählen u.a. die stratiformen Lagerstätten von Kidd-Creek in Ontario und die irischen Blei-Zinkerzlagerstätten von Navan, die zu den größten und reichsten Lagerstätten zählen.

Eine Reihe gleichartiger Lagerstätten werden z.Z. nicht genutzt.

Während bei Zink in den nächsten Jahren nur mäßige Zuwachsraten erwartet werden, wird für Blei in den nächsten Jahren überhaupt eine negative Zuwachsrate prognostiziert.

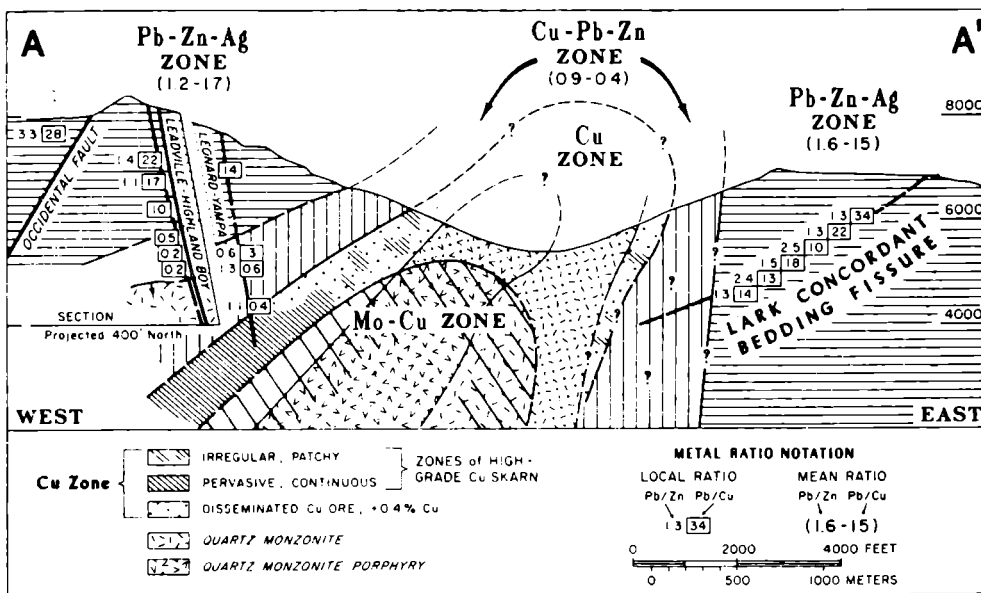
Blei-Zinkerzlagerstätten sind bekanntlich nicht nur die wichtigste Silberquelle, sondern gleichzeitig auch mit Abstand bedeutendste Ressource für die Metalle Germanium, Gallium und Indium. Obwohl die Konzentrationen dieser Metalle mit mehreren Zehnern bis Hunderten von ppm scheinbar recht niedrig liegen, rechtfertigt der hohe Preis die gesonderte Gewinnung Germaniums und des Galliums im Zuge der Verhüttung. Ausgesprochen germanium- oder galliumfreie

Lagerstätten sind eher eine Ausnahme. Ihre zukünftige Verfügbarkeit hängt nicht zuletzt von der Verfügbarkeit dieser Komplexerze ab.

In den Vereinigten Staaten wurde erst vor kurzem begonnen, eine Blei-Zinkerzgrube zu reaktivieren, die in erster Linie auf Germanium betrieben werden soll, und bei der Blei-Zinkerze quasi als Nebenprodukt anfallen.

Im zirkumpazifischen Raum wurden in den letzten Jahren unzählige Kupfererzlagerstätten vom Porphyrytyp entdeckt und exploriert.

Heute fällt bereits auf jeden produzierenden Kupfererzbergbau ein weiteres, exploriertes Vorkommen, das wirtschaftlich genutzt werden könnte.



Schematisches Profil durch die Kupfererzlagerstätte Bingham; aus: ROUTHIER, P. 1980.

Allein bis zum Jahre 1995 sollen rund 200 neue Bergbaue in Betrieb genommen werden. Diesen Lagerstätten, die sich durch geringe Metallgehalte (bis zu 0.3% Cu), dafür aber beachtliche Dimension auszeichnen, ist eigen, daß ihr Kupfergehalt gegen die Teufe abnimmt, während der Molybdängehalt zunimmt. Während noch vor Jahren versucht wurde, immer ärmere Lagerstätten zu nutzen, scheint in letzter Zeit wieder eine merkliche Trendumkehr Platz zu nehmen.



Bis in die Mitte der 80-er Jahre waren die Vereinigten Staaten der größte Kupfererzproduzent. Durch Kapazitätsausweitungen und Inbetriebnahmen neuer Gruben, die sich darüberhinaus noch durch höhere Metallgehalte auszeichnen, hat Chile die Spitzenposition übernommen und bringt die amerikanischen Produzenten durch niedrigere Kupferpreise in arge Schwierigkeiten.

Allein im zirkumpazifischen Raum darf rein aus tektonischen Überlegungen noch mit zahlreichen weiteren Kupfererzlagerstätten gerechnet werden, sodaß mit einer Verknappung der Ressourcen aus den konventionellen, terrestrischen Lagerstätten in den nächsten Generationen sicher nicht gerechnet werden braucht. Dazu kommen noch die kaum quantifizierbaren Vorräte in den Knollenvorkommen der Tiefsee.

Auch mit diesen komplexen Sulfiderzlagerstätten und Porphyries stehen aber die Vorräte einiger High-Tec Metals in engem Zusammenhang:

Die an Granodiorite gebundenen porphyrischen Kupfererzlagerstätten sind - von der Molybdän- und Goldführung abgesehen - wichtigste Ressourcen für die Metalle Rhenium, Selen und Tellur. Die zirkumpazifische Kupfererzprovinz ist also somit gleichzeitig auch das Hoffungsgebiet für diese High-Tec Metalle.

Das Metall Gallium, welches, wie bereits vorhin erwähnt, oftmals in Blei-Zinkerzlagerstätten beheimatet ist, tritt darüberhinaus in bestimmten Bauxitlagerstätten auf. Vor allem die an kalkige Abfolgen gebundenen Karstbauxite sind wegen ihrer Galliumführung bekannt. Nur in wenigen Fällen wird dieses kostbare Metall auch tatsächlich gewonnen.

Wenngleich nicht alle Bauxitlagerstätten gleichzeitig auch als Galliumressource angesehen werden dürfen, reichen die Bauxitvorräte mit über 20 Mrd t weit über Hundert Jahre.

### **Stahlveredler:**

Eine Reihe von Stahlveredlermetallen haben durch verschiedenste Gründe eine preisliche Talfahrt zu verzeichnen, die gelegentlich sogar an einen vollständigen Preisverfall erinnern.

Besonders arg ist diese für den Produzenten negative, den Konsumenten jedoch positive Entwicklung bei Molybdän, wo eine offensichtlich verminderte Nachfrage verbunden mit einem Überangebot zu einem Preistief geführt hat.

Molybdän fällt, wie bereits erwähnt, als Beiprodukt bei der Gewinnung porphyrischer Kupfererze an. Etwa 2/3 der Weltproduktion stammen heute aus derartigen Lagerstätten. Jene Bergbauunternehmen, die bislang lagerstättenbedingt ausschließlich Molybdän gewannen, und lange Zeit den Molybdänmarkt monopolartig beherrschten, sind in arge Schwierigkeiten gekommen.

China hat durch eine aggressive Preispolitik bei Wolframerzkonzentraten eine Reihe von etablierten Scheelit- und Wolframitproduzenten veranlaßt, ihre Gruben zu schließen. Auch auf dem Wolframerzsektor ist der zirkumpazifische Raum ein äußerst prospektiver Bereich, in welchem noch beachtliche Ressourcen erwartet werden dürfen.

#### **Edelmetalle:**

Gold ist von vornherein ein außergewöhnliches Metall. Es ist offensichtlich auch das einzige Metall, dessen Lagerstätten nicht standortgebunden sind. Die Lagerstätten haben sich vielmehr von der Tiefe der Erde in die Stahlkammern von Banken verlagert. Gold ist auch kein Verbrauchsmetall, sodaß der Begriff Verknappung eigentlich fehl am Platze ist.

Der Goldpreis erlebte im Jahre 1981 einen noch nie dagewesenen Höhenflug. Eine Reihe von etablierten Golderzproduzenten, aber auch Newcomern, darunter vielen Spekulanten verursachten einen Goldrush, dessen Ende, aber auch Auswirkung heute noch nicht abzusehen ist.

In den klassischen Goldproduktionsländern wie der Rep. Südafrika, Kanada und Australien wurden unzählige kleinere und größere Projekte mit unterschiedlicher Intensität und wechselndem Erfolg in Angriff genommen. Gold wird darüberhinaus in zunehmendem Umfang als Beiprodukt komplexer Vererzungen gewonnen.

Zu den spektakulärsten Neufunden primärer Golderzvorkommen der letzten Jahre zählt zweifelsohne die Entdeckung mehrerer Großlagerstätten im Osten Kanadas. Beachtliche Goldressourcen wurden auch in Zusammenhang mit porphyrischen Kupfererzlagerstätten im

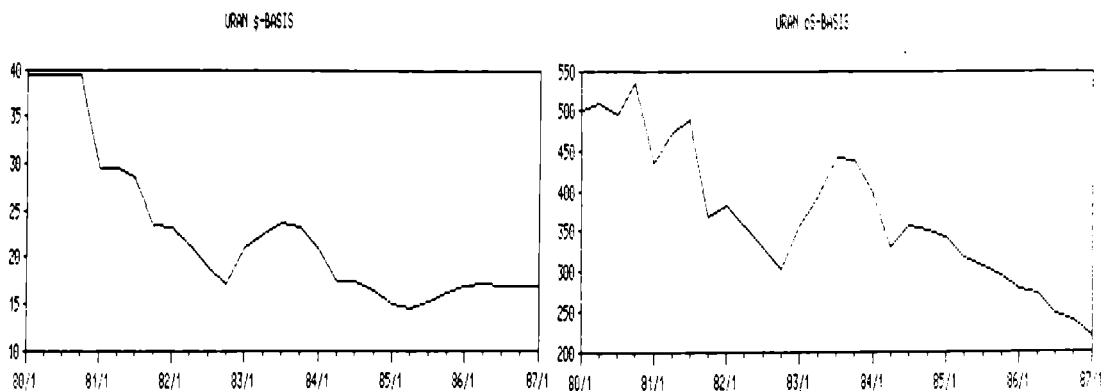
zirkumpazifischen Raum nachgewiesen (Papua-Neuguinea, Bougainville).

Von einer Reihe in Exploration stehender Golderzvorkommen ist anzunehmen, daß sie in den nächsten Jahren in Betrieb genommen werden können. Wieweit aber der Markt diese zusätzlichen Mengen verkraften kann, wird sich zeigen. Preiserhöhend oder stabilisierend wird sich das Überangebot sicher nicht auswirken. Gold war aber immer für spektakuläre Überraschungen gut .....

### Kernbrennstoffe:

Die Anstrengungen in den letzten Jahren auf dem Sektor der Suche und Erschließung von Uranerzlagerstätten war extrem erfolgreich. Noch vor rund 20 Jahren galten Bereiche des Athabascabeckens in Nordsaskatchewan als kaum prospektiv. Geologische und geophysikalische Untersuchungen erbrachten aber bald den Nachweis einer Reihe von ergiebigen, bislang völlig unbekanntem, ja sogar unerwarteten Lagerstätten, von denen jene von Cigar Lake über 250 Mio lb  $U_3O_8$  mit einem Durchschnittsgehalt von 14,6% enthält.

Die Suche verlief in den letzten Jahren weltweit so erfolgreich, daß nur mehr ein Teil der Uranproduktion abgesetzt werden kann. Seit 1980 wurden die Explorationsarbeiten somit auf ein Minimum reduziert, nicht zuletzt deswegen, als durch die Entdeckung und den Aufschluß von Großlagerstätten in Kanada (Key Lake, Cigar Lake) und Australien und ein damit verbundenes Überangebot, ein Verfall der Uranpreise einsetzte.



Rohstoffpreise Uran in \$ bzw OS

Im Gegensatz zu den etablierten Uranerzproduzenten, die durch langfristige Abnahme- und Preisgarantien abgesichert sind, ist für den Newcomer mangels einer Absetzbarkeit nicht die geringste Marktnische erkennbar.

Mit enormem Aufwand explorierte Lagerstätten werden aus diesem Grunde auch nicht oder in geringem Umfang genutzt, da mittel- bis langfristig keine zusätzliche Tonne Uranerzkonzentrates auf dem Markt abgesetzt werden kann. Diese Situation wird sich nach vorsichtigen Schätzungen der IAEA bis zur Jahrtausendwende kaum ändern. Dabei sind die Auswirkungen des Tschernobyl Unglücks keineswegs berücksichtigt.

#### **Industrieminerale, Steine und Erden:**

Die Situation auf dem Sektor der Industrieminerale, Steine und Erden ist demgegenüber wesentlich günstiger:

Gegenüber klassischen Metallen wesentlich höhere jährliche Zuwachsraten, geringe oder fehlende Möglichkeit von Recycling, keine größere Gefahr einer Substitution (diese Rohstoffe sind verglichen mit den Metallen nämlich billig) und Unempfindlichkeit gegenüber Wechselkursschwankungen (eine Reihe dieser Rohstoffe wird trotz internationaler Handelsfähigkeit auf Grund der Frachtkostenempfindlichkeit nur im jeweiligen Ursprungsland abgesetzt) minimieren auch ein unternehmerisches Risiko.

Mit diesen Beispielen sollte nur kurz dargelegt werden, welche spektakulären Erfolge auf dem Sektor der Rohstoffsuche in den letzten Jahren trotz ungünstiger Prognosen verzeichnet werden durften.

Ganz im Gegensatz zu den Prognosen des Club of Rome darf aus der Sicht der Rohstoffgeologie behauptet werden, daß es weltweit gesehen in den nächsten Generationen keine Verknappungen auf dem Sektor der mineralischen Rohstoffe geben wird.

Die pessimistischen Schätzungen des Club of Rome haben uns aber erstmals vor Augen geführt, daß Vorräte mineralischer Rohstoffe dennoch begrenzt sind, und ein sparsamer Gebrauch geboten ist. Wenngleich durch die äußerst erfolgreiche Suchtätigkeit uns Vorräte für die nächsten Generationen weitgehend uneingeschränkt zur Verfügung stehen, haben wir heute kein Recht, diese zu verschwenden.

Durch den integrativen Einsatz moderner Suchmethoden und -konzepte konnten die Vorräte an mineralischen Rohstoffen - die

abgebauten Mengen bei weitem kompensierend - wesentlich erhöht werden.

Wie uns die Shaba-Krise gezeigt hat, stimulieren drohende Verknappungen Recycling, Substitution und Suche nach weiteren Vorkommen. Höhere Rohstoffpreise erlauben auch das Vordringen in bislang noch unerreichte Teufen.

Auch wenn diese Ausführungen in mancher Hinsicht Optimismus anklingen lassen, zumindest was die Verfügbarkeit mineralischer Rohstoffe betrifft, darf dies nicht darüber hinwegtäuschen, daß wir - gemessen am geologischen Alter der Erde von mehreren Milliarden Jahren und der damit verbundenen Entstehung von Rohstoffvorkommen - in einer verschwindend kleinen Zeitspanne von einigen Jahrhunderten einen beachtlichen Teil des Rohstoffangebotes verbraucht haben. Alleine in den letzten 50 Jahren wurden soviele metallische Rohstoffe abgebaut, als in der gesamten Zeit zuvor.

Es darf auch nicht verkannt werden, daß bestimmte Rohstoffe, vor allem Metalle, immer weniger benötigt werden und durch andere Rohstoffe verdrängt werden. Aber auch diese Rohstoffe stammen aus natürlichen Lagerstätten. Es ist heute oft schwer zu beurteilen, ob bei einigen Rohstoffen zur Zeit bloß eine kurzfristige Baisse oder ein gravierender Strukturwandel zu überstehen ist.

Rohstoffvorkommen sind endlich. Ein in heutiger Zeit scheinbarer Überfluß an Rohstoffvorräten darf nicht zur sorglosen Überproduktion führen. Was die Natur uns angereichert hat, dürfen wir auch ausnützen. Wie lange uns noch Rohstoffe zur Verfügung stehen, beeinflussen wir selbst:

Wenngleich wir für die nächsten Generationen noch uneingeschränkt auf die bekannten Lagerstättenvorräte zurückgreifen können, werden wir in Zukunft

- auf immer ärmere Lagerstätten zurückgreifen müssen,
- in größere Tiefen der Erdkruste dringen müssen,
- Vorkommen in entfernten Regionen mit heute noch fehlender Infrastruktur erschließen müssen,
- die Vorkommen auf dem Meeresboden ohne Schädigung der auch für uns essentiellen Biotope nützen lernen müssen,

- möglichst vollständig alle Wertstoffe aus Komplexerzlagern nutzen müssen,

und schließlich wieder lernen müssen, das Wort Bodenschatz an Stelle des trockenen Begriffs Rohstoff erneut in unser Vokabular aufzunehmen.

#### **Ausgewählte Literatur:**

MEADOWS,D.,et al.: The Limits to Growth.- Universe Books New York 1972.

ROUTHIER,P.: Ou sont les metaux pour l'avenir ? Mem.BRGM,105, Orleans 1980.

SAMES,C.W.: Anaconda - Berichte aus der Rohstoffwelt. 363 S., Wirtschaftsverlag Langen-Müller/Herbig, München 1986.

SAWKINS,J.: Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics.- Minerals and Rocks 17, 325 S.,Springer, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo 1984.

U.S. Bureau of Mines: An Appraisal of Minerals Availability for 34 Commodities.- United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Bull. 692, Washington 1987.

WEBER,L., PLESCHIUTSCHNIG,I.: Welt-Bergbau-Daten 1987.- BM f. wirtsch. Angelegenheiten, Wien 1987.