

Dick, Rolf

**Working Paper — Digitized Version**

## Tiefseebergbau versus Landbergbau: Metallproduktion aus Manganknollen und Nickellateriterzen im Wirtschaftlichkeitsvergleich

Kiel Working Paper, No. 131

**Provided in Cooperation with:**

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

*Suggested Citation:* Dick, Rolf (1981) : Tiefseebergbau versus Landbergbau: Metallproduktion aus Manganknollen und Nickellateriterzen im Wirtschaftlichkeitsvergleich, Kiel Working Paper, No. 131, Kiel Institute of World Economics (IfW), Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/46834>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# Kieler Arbeitspapiere

# Kiel Working Papers

---

Arbeitspapier Nr. 131\*

TIEFSEEERGBAU versus LANDBERGBAU

Metallproduktion aus Manganknollen  
und Nickellateriterzen im Wirtschaftlichkeitsvergleich

von

Rolf Dick

November 1981

Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel

Institut für Weltwirtschaft Kiel  
Forschungsabteilung I  
Düsternbrooker Weg 120; 2300 Kiel

Arbeitspapier Nr. 131\*

TIEFSEEERGBAU versus LANDBERGBAU

Metallproduktion aus Manganknollen  
und Nickellateriterzen im Wirtschaftlichkeitsvergleich

von

Rolf Dick

November 1981

Ag 4294 / 81 K- Weltwirtschaft Kiel

\* In diesem Arbeitspapier wird über Forschungsergebnisse des Sonderforschungsbereichs 86/Teilprojekt 1 (Allokations- und Verteilungsaspekte der Meeresnutzung) berichtet. Diese Arbeiten werden von der Deutschen Forschungsgesellschaft finanziell gefördert. Der Autor dankt Wilfried Prewo für seine wertvollen Anregungen und Kommentare.

Mit den Kieler Arbeitspapieren werden Manuskripte, die aus der Arbeit des Instituts für Weltwirtschaft hervorgegangen sind, von den Verfassern möglichen Interessenten in einer vorläufigen Fassung zugänglich gemacht. Für Inhalt und Verteilung ist der Autor verantwortlich. Es wird gebeten, sich mit Anregungen und Kritik direkt an ihn zu wenden und etwaige Zitate aus seiner Arbeit vorher mit ihm abzustimmen.

ISSN 0342 - 0787

# Inhaltsverzeichnis

|           |  | Seite |
|-----------|--|-------|
| I         | Einführung   | 1     |
|           | Fixe und variable Kosten des Tiefseebergbaus   | 4     |
|           | Datenbasis   | 4     |
|           | Durchschnittliche fixe und variable Kosten   | 7     |
| III       | Fixe und variable Kosten des Landbergbaus  | 12    |
|           | Die Entwicklung der durchschnittlichen fixen Kosten im lateritischen Nickelbergbau     | 12    |
|           | Die Entwicklung der durchschnittlichen variablen Kosten im lateritischen Nickelbergbau | 14    |
| IV        | Analyse der Faktorabsorption im Tiefseebergbau und im Landbergbau                      | 17    |
|           | Tiefseebergbau   | 17    |
|           | Landbergbau  | 19    |
| V         | Kostenvergleich Tiefseebergbau - Landbergbau   | 20    |
| VI        | Schlußbemerkungen  | 26    |
|           | <br>   |       |
| Anhang A: | Tabellen A1 bis A9   | 28    |
| Anhang B: | Fixe und variable Durchschnittskosten bezogen auf die Fördermenge an Manganknollen     | 53    |
|           | <br>   |       |
|           | Literaturverzeichnis   | 62    |

## TIEFSEEBERGBAU VERSUS LANDBERGBAU

Metallproduktion aus Manganknollen und Nickellateriterzen im Wirtschaftlichkeitsvergleich

### I. Einführung

1. Während einer Pazifikfahrt des britischen Forschungsschiffes "HMS Challenger" im Jahre 1876 wurden auf dem Tiefseeboden knollenförmige polymetallische Gebilde mit hohen Mangangehalten entdeckt. Rund hundert Jahre später ist der vorgesehene Abbau der Manganknollen zum zentralen Streitthema der III. UN-See-rechtskonferenz geworden. Es ist nicht auszuschließen, daß die Konferenz an dieser Kontroverse scheitert. Strittig sind vor allem: Die Zugangsbedingungen zum Tiefseebergbau<sup>1</sup>, die Organisation der vorgesehenen Meeresbodenbehörde, die Produktionsquoten, der Technologietransfer und die Besteuerung des Tiefseebergbaus<sup>2</sup>.

2. Parallel zu den Verhandlungen auf der Seerechtskonferenz haben sich in den 1970er Jahren verschiedene Unternehmen, die Tiefseebergbau erwägen, zu Konsortien zusammengeschlossen<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup>In der angelsächsischen Literatur werden für den Abbau der Manganknollen und deren Verhüttung die Begriffe "seabed mining" oder "deep sea mining" (Tiefseebergbau) verwendet. Im folgenden wird der Begriff "Tiefseebergbau" benutzt, weil unter den Begriff "Meeresbergbau" auch die Rohstoffgewinnung aus Schelfgebieten fällt.

<sup>2</sup>Zu einer volkswirtschaftlichen Bewertung der institutionellen Aspekte und der Gegensätze zwischen Industrie- und Entwicklungsländern vgl. Prewo [1979]; für eine völkerrechtliche Würdigung des Tiefseeregimes vgl. Graf Vitzthum [1978].

<sup>3</sup>Die Tabelle A 1 im Anhang gibt eine Übersicht über die Tiefseebergbau-Konsortien und Joint Ventures.

Beim gegenwärtigen Stand von Forschung und Entwicklung, Prospektion und Exploration gilt der Tiefseebergbau als technisch realisierbar<sup>1</sup>. Offen ist hingegen die Frage der betriebswirtschaftlichen Rentabilität. Zwar liegen bereits verschiedene Schätzungen über die Kosten des Tiefseebergbaus vor; entscheidend ist aber nicht so sehr die absolute Kostenhöhe, sondern die relative Wirtschaftlichkeit der Ausbeutung von Manganknollen im Vergleich zur Ausbeutung von Metallvorkommen an Land. Dieser Kostenvergleich ist das Ziel der vorliegenden Untersuchung<sup>2</sup>.

3. Der künftige Tiefseebergbau wird in erster Linie mit dem (terrestrischen) Nickelbergbau konkurrieren. Neben Nickel enthalten die Manganknollen zwar auch andere Metalle, von denen vor allem Kupfer, Kobalt und Mangan wirtschaftlich bedeutsam sind. Ertragsmäßig ist Nickel jedoch die wichtigste Komponente, so daß der Tiefseebergbau am ehesten mit dem Nickelbergbau an Land verglichen werden kann. Im terrestrischen Nickelbergbau wird wiederum zwischen sulfidischen und lateritischen Erzen unterschieden. Neue terrestrische Betriebe werden nahezu

---

<sup>1</sup> Im Gefolge der neunten und zehnten Sessionen der Seerechtskonferenz (1980 und 1981) sind die Informationen über die Aktivitäten der Tiefseebergbau-Konsortien spürbar zurückgegangen. Dies kann verschiedene Ursachen haben: Möglicherweise erscheint den Konsortien in der gegenwärtigen Phase der Konferenz eine zurückhaltende Informationspolitik geboten. Möglich ist aber auch, daß der Kenntnisstand so weit fortgeschritten ist, daß er jetzt nur noch durch Großversuche im kommerziellen Maßstab verbessert werden kann; angesichts des ungewissen Ausgangs der Konferenz mag dies den Unternehmen jedoch als zu riskant erscheinen.

<sup>2</sup> Freilich sind die betriebswirtschaftlichen Aspekte, die in der vorliegenden Untersuchung betrachtet werden, nur ein Teil der Wirtschaftlichkeitsrechnungen, die bei einer solchen Gegenüberstellung zu beachten sind. Darüber hinaus sind auch volkswirtschaftliche Kosten infolge "rechtlich-institutioneller Regelungen und volkswirtschaftliche Vorteile, die sich nicht in den Gewinnerwartungen eines einzelnen Projekts niederschlagen", zu berücksichtigen (siehe Prewo, [1979], Seite 183).

ausschließlich auf der Basis lateritischer Erze errichtet werden<sup>1</sup>. Für den Kostenvergleich zwischen Tiefseebergbau und Landbergbau müssen deshalb die Kosten der Gewinnung und Verhüttung von Manganknollen mit denen terrestrischer Nickel-lateriterze verglichen werden.

4. Zur Ermittlung der Kosten des künftigen Tiefseebergbaus und des Landbergbaus werden zwei Lösungswege beschrrieben: Der erste Ansatz geht von fixen und variablen Kosten, die für den Zeitraum 1965-1980 verfügbar sind, aus<sup>2</sup>. Diese Kosten werden im Trend bis 1990, dem voraussichtlich frühesten Beginn des Tiefseebergbaus, projiziert. Der zweite Lösungsansatz geht von der Faktorabsorption aus: Faktormengen und Faktorkosten aktueller Nickellaterit- und fiktiver Tiefseebergbau-Betriebe und Annahmen über die voraussichtliche technologische Entwicklung im Bergbau- und Verhüttungssektor bilden die Grundlage zur Projektion der variablen Kosten.

5. Die Studie ist wie folgt gegliedert: Abschnitt II enthält Schätzwerte für fixe und variable Kosten des Tiefseebergbaus, Abschnitt III die Vergleichswerte für den Landbergbau. Die Analyse der Faktorabsorption im Tiefsee- und im Landbergbau erfolgt in Abschnitt IV. Für beide Lösungsansätze werden die Kosten des Landbergbaus und des Tiefseebergbaus in Abschnitt V miteinander verglichen.

---

<sup>1</sup>Vgl. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung [1978]. Im folgenden als BGR/DIW [1978] bezeichnet.

<sup>2</sup>Bei den Kostendaten für den Tiefseebergbau handelt es sich um geschätzte Werte, bei denen für den Landbergbau sowohl um geschätzte als auch um realisierte Werte.

## II. Fixe und variable Kosten des Tiefseebergbaus

### Datenbasis

-----

6. Seit Mitte der 1970er Jahre sind eine Reihe teilweise sehr detaillierter Wirtschaftlichkeitsstudien über den Meeresbergbau veröffentlicht worden<sup>1</sup>. Besonders erwähnenswert ist das am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelte Kostenmodell<sup>2</sup>. Die "MIT-Studie" enthält Kostenschätzungen für die Bereiche Forschung und Entwicklung, Prospektion und Exploration, Bergbau, Transport, Aufbereitung und Verhüttung der Manganknollen in einem fiktiven Tiefseebergbau-Betrieb. Außer den fixen und den variablen Kosten werden in der MIT-Studie auch Erlöse für die Metalle Nickel, Kupfer und Kobalt geschätzt<sup>3</sup>.

7. Es ist zu erwarten, daß - nicht zuletzt aufgrund der Erfahrungen, die durch Förder- und Verhüttungsversuche von Manganknollen inzwischen gewonnen wurden - die Kostenschätzungen im Zeitablauf an Genauigkeit gewonnen haben. Aufgrund der Komplexität eines Tiefseebergbau-Projekts und der Vielfalt der technischen Lösungsmöglichkeiten erscheint es dennoch ange-

---

<sup>1</sup> Erste Kostenschätzungen für den Tiefseebergbau sind Mitte der 1960er Jahre erschienen (Mero [1965]; Hess [1965]).

<sup>2</sup> Nyhart u.a. [1978].

<sup>3</sup> Das Basismodell der "MIT-Studie" beschränkte sich auf das 3-Metallverfahren (ohne Mangangewinnung). Mittlerweile wird die zusätzliche Gewinnung von Mangan mit in Betracht gezogen (4-Metallverfahren). Die in der MIT-Studie getroffenen Annahmen und die daraus abgeleiteten Schätzergebnisse wurden inzwischen von verschiedenen Autoren kritisch überprüft; vgl. Diederich u.a. [1979], Black [1980].

Die MIT-Studiengruppe arbeitet derzeit an einer Revision der ursprünglichen Studie.



bracht, für eine Beurteilung der Kosten des Tiefseebergbaus nicht nur auf die aktuellsten Kostenanalysen zurückzugreifen<sup>1</sup>. Die wesentlichen Ausgangsdaten und Ergebnisse aller vorliegenden Kostenstudien sind in Tabelle A 2 (Anhang A) zusammengefaßt<sup>2</sup>. Die Tabelle enthält folgende Größen:

- Betriebsgröße (Jahreskapazität),
- Gewinnungsverfahren (Art der Förderung der Manganknollen),
- Verhüttungsverfahren (Art der Verarbeitung der Manganknollen, Bezeichnung der gewonnenen Metalle),
- fixe Kosten für die Bereiche Forschung und Entwicklung, Prospektion und Exploration, Bergbau, Transport, Aufbereitung und Verhüttung,
- variable Kosten für die Bereiche Bergbau, Transport, Aufbereitung und Verhüttung,
- Annahme über die Menge der ausgebrachten Metalle.

8. Einige Studien enthalten auch Annahmen zu weiteren kostenwirksamen Faktoren. Sie wurden in die Tabelle A 2 unter der Rubrik "Bemerkungen" aufgenommen. Zu diesen Faktoren zählen beispielsweise die Lage (Tiefe) der Manganknollenfelder, der Bedeckungsgrad (Belegungsdichte) des Meeresbodens mit Manganknollen, die Oberflächenbeschaffenheit des Gewinnungsareals und der Wirkungsgrad der Sammel- und Aufnahmegereäte.

---

<sup>1</sup>Die bislang von den Konsortien durchgeführten Förderungs- und Verhüttungstests haben eine Fülle von Erkenntnissen über die technischen Möglichkeiten des Tiefseebergbaus erbracht. Trotzdem verbleiben noch Unsicherheiten in bezug auf die technische Realisierung und die Höhe der fixen und der variablen Kosten, die bei einer Übertragung der Technologien von versuchsmäßigen, kleinen Pilotanlagen auf effiziente Großanlagen zu erwarten sind.

<sup>2</sup>Die ältesten Kostenschätzungen, die uns vorlagen, sind aus der mittlerweile zum Klassiker des Tiefseebergbaus gewordenen Studie "The Mineral Resources of the Sea" von Mero [1965] entnommen; die aktuellsten Kostenschätzungen sind in einer Dissertation von Black "The Recovery of Metals from Deepsea Manganese Nodules and the Effects on the World Cobalt and Manganese Markets" [1980] enthalten.

9. Ein Vergleich der Kostenangaben in Tabelle A 2 erfordert zunächst ihre Umrechnung auf eine einheitliche Preisbasis<sup>1</sup>. Wie in den meisten anderen Kostenanalysen des Tiefseebergbaus wurde auch in dieser Studie der Chemical Engineering's Plant Cost Index für die Preisbereinigung herangezogen<sup>2</sup>. Mit Hilfe dieses Index wurden die fixen und die variablen Kosten in Preisen von 1979 errechnet.

10. Neben der unterschiedlichen Preisbasis differieren die Ausgangsdaten der verschiedenen Kostenstudien auch hinsichtlich betriebsspezifischer Kenngrößen. So gibt es Unterschiede bei den angenommenen Betriebsgrößen, wobei die Jahreskapazitäten zwischen 0,91<sup>3</sup> und 3 Mill. Tonnen (Trockengewicht) schwanken. Darüber hinaus gibt es Unterschiede hinsichtlich der vorgesehenen Förder- und Verhüttungstechnologie. So gehen einige Kostenstudien davon aus, daß lediglich Kupfer, Nickel und Kobalt extrahiert werden. Solche Verhüttungstechnologien werden im folgenden als 3-Metall-Verfahren bezeichnet. Wird zusätzlich auch das Mangan ausgebracht, so handelt es sich um ein 4-Metall-Verfahren.

---

<sup>1</sup> Einige der frühen Studien enthalten keinen Hinweis darauf, welche Preisbasis den Kosten zugrundeliegt. In diesen Fällen wurde das Erscheinungsjahr der Studie oder - sofern auch ein Erscheinungsmonat angegeben ist und dieser in der ersten Jahreshälfte liegt - das betreffende Vorjahr als Datum der Preisbasis angenommen.

<sup>2</sup> Vgl. u. a. Diederich [1979], Seite 89 und Black [1980], Seite 110.

<sup>3</sup> 1 Mill short tons = 0,91 Mill. metric tons.

## Durchschnittliche fixe und variable Kosten

11. Zum Vergleich der Kostenstudien werden durchschnittliche fixe und variable Kosten errechnet. Durchschnittskosten, die sich auf die gewonnene Metallmenge beziehen, konnten in 26 von 35 Fällen ermittelt werden; bei den restlichen Fällen liegen keine Angaben über die gewonnene Metallmenge vor<sup>1</sup>.

12. Zum Vergleich der Kostendaten werden die Produktionsmengen aller Metalle in Nickeläquivalente umgerechnet. Dies erlaubt später den Vergleich zum konkurrierenden terrestrischen Nickel-lateritbergbau<sup>2</sup>. Die Produktionsmenge eines ausgewählten Metalls, gemessen in Nickeläquivalenten, entspricht dabei der Nickelmenge, die erforderlich wäre, um den gleichen Erlös zu erzielen, der beim Verkauf der Menge dieses ausgewählten Metalls erlangt wird. Wesentlich für die Berechnung der Nickel-äquivalente ist daher die Preisrelation des ausgewählten Metalls zu Nickel<sup>3</sup>. Die Koeffizienten der folgenden Nickeläqui-

---

<sup>1</sup>In allen Fällen können aber Durchschnittskosten bezogen auf die Menge an Manganknollen (Fördermenge) errechnet werden.

<sup>2</sup>Diese Berechnung und ihre Auswertung erfolgt in Anhang B.

<sup>2</sup>Die Umrechnung in Nickeläquivalente ist in Kostenstudien über den Tiefseebergbau allgemein gebräuchlich. Vgl. beispielsweise Little [1977, S. 8], AMR [1979, S. 6], Black, [1980, S. 122].

<sup>3</sup>Ist beispielsweise der Kobaltpreis doppelt so hoch wie der Nickelpreis, so werden - um die Nickeläquivalente dieser Kobaltmenge zu ermitteln - die Kobaltmengen mit dem Faktor 2 multipliziert.

valenz - Formel basieren auf langfristigen Preisrelationen<sup>1</sup>:

$$\begin{aligned} \text{Ni}_{\text{äqu}} = & Q_{\text{Ni}} + \frac{1}{3}Q_{\text{Cu}} + 2Q_{\text{Co}} + \frac{1}{16}Q_{\text{FeMn}} + \frac{1}{21}Q_{\text{SiMn}} + \frac{1}{7}Q_{\text{Mn}} \\ & + \frac{6}{5}Q_{\text{Mo}} + \frac{1}{41}Q_{\text{MnCO}_3} + \frac{1}{48}Q_{\text{MnSiO}_4} \end{aligned}$$

wobei

Ni<sub>äqu</sub> = Nickeläquivalent (Mengenangabe)

Q = Menge

Ni = Nickel

Cu = Kupfer

Co = Kobalt

FeMn = Ferromangan

SiMn = Silikomangan

Mo = Molybdän

MnCO<sub>3</sub> = Mangancarbonat (manganhaltige Schlacke, 48 vH Mangan)

MnSiO<sub>4</sub> = Mangansilikat (25-30 vH Mangan)

13. Soweit in den vorliegenden Studien Annahmen über die Mengen der ausgebrachten NE-Metalle enthalten sind, wurden die betreffenden Nickeläquivalente nach der o. g. Formel errechnet (Tabelle A 3). Je nach Betriebsgröße, Förderverfahren sowie der vorgesehenen Verhüttungstechnologie schwanken die Werte zwischen rund 20.000 und 100.000 Tonnen Nickeläquivalent pro Jahr. In allen Projekttypen, in denen nur Kupfer, Nickel, Kobalt und teilweise auch Molybdän gewonnen wird, ist Nickel eindeutig das nach dem Erlösanteil wichtigste Metall. Diese Aussage trifft allerdings nicht immer zu, wenn auch Mangan, sei es in reiner Form oder in Form von Ferro- oder Siliko-Mangan, zusätzlich

<sup>1</sup>Die Koeffizienten für die Metalle Kupfer, Kobalt, Ferromangan, Silikomangan und reines Mangan wurden auf der Basis von Preisangaben (real long run metal price) in Black [1980], Seiten 122 und 255 errechnet. Der Koeffizient für Molybdän basiert auf Preisangaben in Little [1977], Seite 46, die Koeffizienten für MnCO<sub>3</sub> und MnSiO<sub>4</sub> auf Preisangaben in Little [1979], Seite 32.

ausgebracht wird. In diesen Fällen trägt Mangan wesentlich zum Gesamtnickeläquivalent bei; seine Nickeläquivalenz-Anteile sind oftmals höher als die Nickelanteile.

14. Schaubild 1 zeigt die durchschnittlichen fixen und variablen Kosten. Dieses Schaubild basiert auf den Angaben in Tabelle 1<sup>1</sup>. Im Zeitablauf sind die Schätzwerte für beide Kostenwerte gestiegen: Für den Zeitraum 1968 - 1979 ergibt sich im Fall der fixen Kosten eine jahresdurchschnittliche Steigerungsrate von 5 vH, für die variablen Kosten von mehr als 6 vH<sup>2</sup>.

15. Gegenwärtig wird angenommen, daß der Tiefseebergbau voraussichtlich erst ab 1990 im Großmaßstab betrieben wird<sup>3</sup>. Unter der Annahme, daß in den Jahren bis 1990 die reale Kostenentwicklung ähnlich verläuft wie in der Vergangenheit, würden sich für das Jahr 1990 durchschnittliche fixe Kosten von 12 US-\$ (1979er Preise) pro Pound Nickeläquivalent Jahreskapazität und durchschnittliche variable Kosten von 3,5 US-\$ (1979er Preise) pro Pound Nickeläquivalent ergeben (Tabelle A4). Diese Ergebnisse der Trendanalyse müssen mit den Kostenschätzungen für den Nickellateritbergbau verglichen werden.

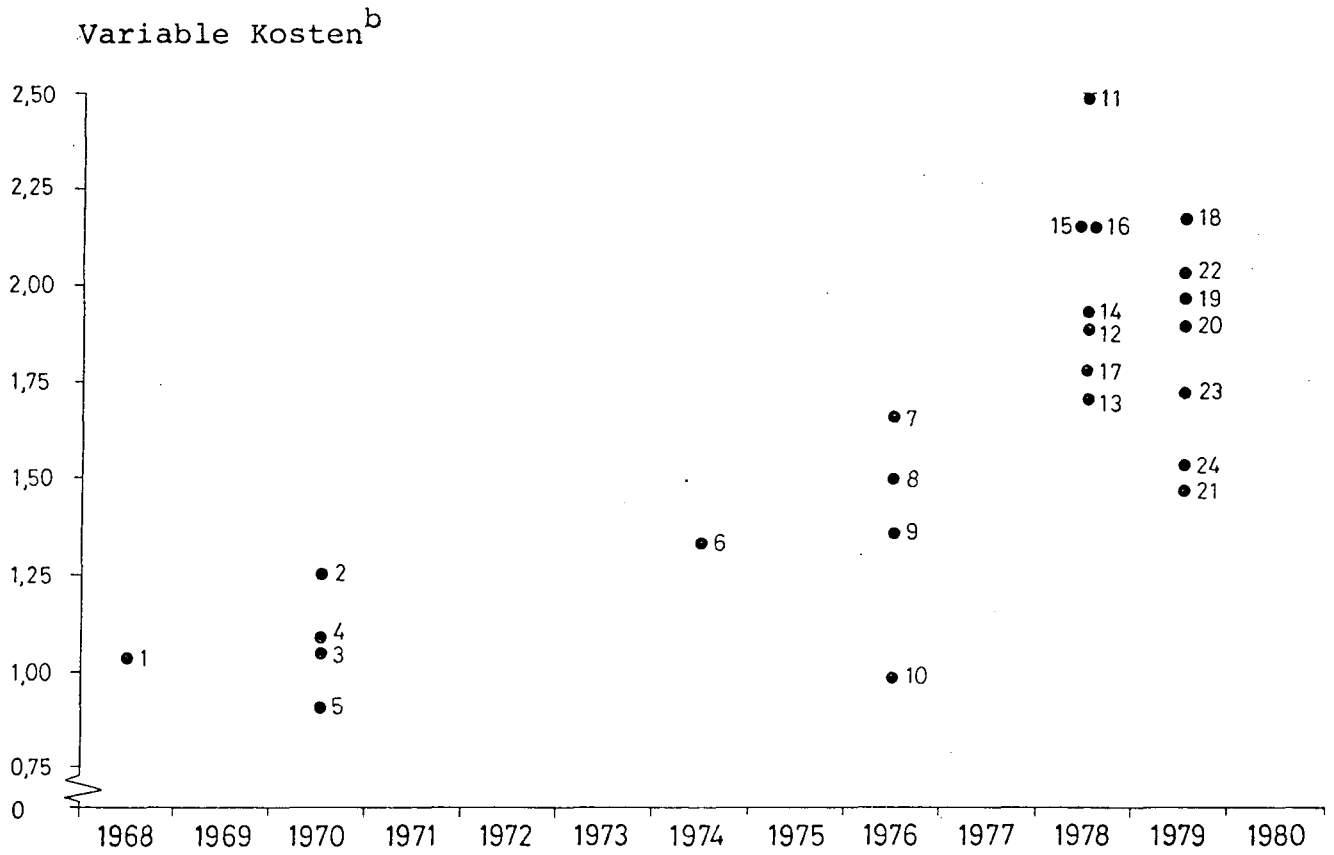
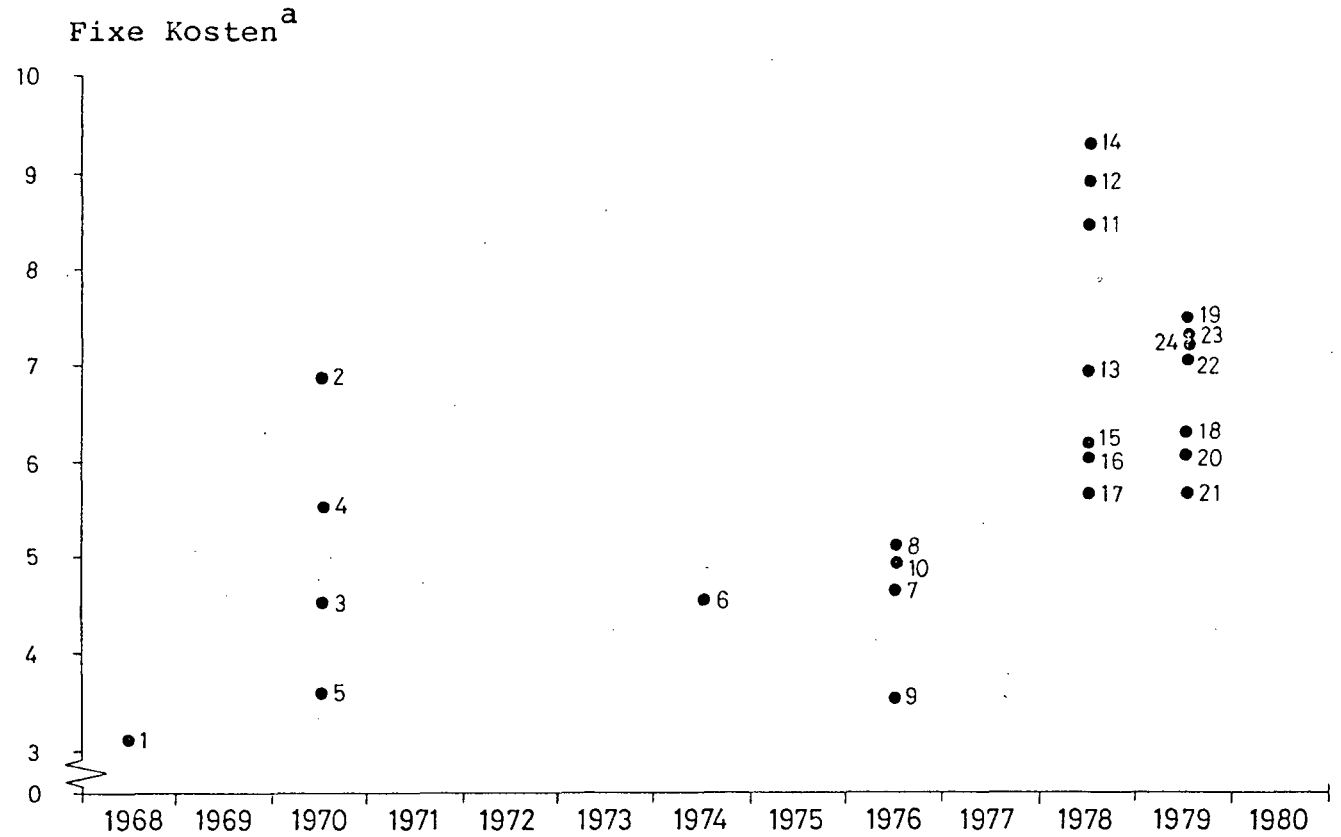
---

<sup>1</sup>Die Angaben in Tabelle 1 geben darüber hinaus Aufschluß über die Kostenrelation zwischen den Verfahren einschließlich Mangangewinnung und den Verfahren ohne Mangangewinnung. Nach den älteren Schätzungen (bis Mitte der 1970er Jahre) liegen die Durchschnittswerte sowohl bei den fixen als auch bei den variablen Kosten im "4-Metall-Verfahren" deutlich unter denen des "3-Metall-Verfahrens". Neuere Kostenschätzungen lassen diesen Schluß nicht mehr eindeutig zu.

<sup>2</sup>Die betreffenden Schätzgleichungen zeigt Tabelle A4 im Anhang.

<sup>3</sup>So wird beispielsweise in dem vom Bundestag im August 1980 beschlossenen Gesetz zur vorläufigen Regelung des Tiefseebergbaus eine Gewinnung "erheblicher Mengen von mineralischen Rohstoffen mit dem Ziel ihrer wirtschaftlichen Nutzung..." vor dem 1. Januar 1988 als nicht zulässig erklärt (vgl. Gesetz zur vorläufigen Regelung des Tiefseebergbaus, vom 16. August 1980, §2 und §4). Diese Regelung wurde aufgrund internationaler Absprachen in das Gesetz aufgenommen. Auch dieses Datum deutet darauf hin, daß der Tiefseebergbau wohl kaum vor Ende der 1980er Jahre eine wirtschaftliche Bedeutung in der Metallversorgung erlangen wird.

Schaubild 1 - Durchschnittliche fixe und variable Kosten im Tiefseebergbau 1968-1979



<sup>a</sup>Durchschnittliche fixe Kosten in US\$ (1979) pro Pound Nickeläquivalent Jahreskapazität. - <sup>b</sup>Durchschnittliche variable Kosten in US\$ (1979) pro Pound Nickeläquivalent.

Quelle: Tabelle 1

Tabelle 1 - Durchschnittliche fixe und variable Kosten im Tiefseebergbau  
(Schätzungen 1968-1979)

| Autor(en)<br>der<br>Studie<br>(Bezugsjahr) | Lfd.<br>Nr. | Kapazität<br>(Mio jato<br>Mangan-<br>knollen) | Anzahl der<br>Metalle <sup>a</sup> | Durchschnittliche<br>fixe Kosten <sup>b</sup> in<br>US\$/lb Nickeläqui-<br>valent Jahreskapazi-<br>tät (1979er Preise) | Durchschnittliche<br>variable Kosten in<br>US\$/lb Nickeläqui-<br>valent (1979er Preise) |
|--|-------------|---|------------------------------------|--|--|
| Sorenson P.E,<br>Mead W.J.<br>(1968)       | 1           | 1,80  | 4                                  | 3,11   | 1,04   |
| Drechsler H.<br>(1970)                     | 2           | 1,00  | 3                                  | 6,89   | 1,25   |
|  | 3           | 1,00  | 4                                  | 4,52   | 1,05   |
|  | 4           | 2,00  | 3                                  | 5,52   | 1,09   |
|  | 5           | 2,00  | 4                                  | 3,62   | 0,91   |
| Moncrieff A.,<br>Smale Adams K.<br>(1974)  | 6           | 3,00  | 3                                  | 4,57   | 1,33   |
| Arthur D.Little<br>(1976)                  | 7           | 2,72  | 4 <sup>c</sup>                     | 4,68   | 1,66   |
|  | 8           | 2,72  | 5 <sup>d</sup>                     | 5,13   | 1,50   |
|  | 9           | 0,91  | 5 <sup>e</sup>                     | 3,54   | 1,36   |
| Nyhart J.D.<br>u.a. (1976)                 | 10          | 2,72  | 3                                  | 4,97   | 0,98   |
| Diederich F.<br>u.a. (1978)                | 11          | 2,72  | 3                                  | 8,46   | 2,48   |
| A M R<br>(1978)                            | 12          | 3,00  | 4 <sup>f</sup>                     | 8,90   | 1,88   |
|  | 13          | 3,00  | 4 <sup>g</sup>                     | 6,96   | 1,71   |
|  | 14          | 3,00  | 3                                  | 9,28   | 1,93   |
| Arthur D.Little<br>(1978)                  | 15          | 2,72  | 4 <sup>h</sup>                     | 6,21   | 2,16   |
|  | 16          | 2,72  | 5 <sup>i</sup>                     | 6,08   | 2,16   |
|  | 17          | 2,72  | 5 <sup>j</sup>                     | 5,70   | 1,78   |
| Black J.R.H.<br>(1979)                     | 18          | 3,00  | 4 <sup>k</sup>                     | 6,33   | 2,17   |
|  | 19          | 3,00  | 3 <sup>k</sup>                     | 7,50   | 1,97   |
|  | 20          | 3,00  | 4 <sup>l</sup>                     | 6,09   | 1,90   |
|  | 21          | 3,00  | 3 <sup>l</sup>                     | 5,68   | 1,47   |
|  | 22          | 3,00  | 4 <sup>m</sup>                     | 7,05   | 2,03   |
|  | 23          | 3,00  | 3 <sup>m</sup>                     | 7,27   | 1,72   |
|  | 24          | 3,00  | 4 <sup>n</sup>                     | 7,24   | 1,53   |

<sup>a</sup>Wenn nicht anders angegeben, bedeuten: 3 (Kobalt, Nickel, Mangan); 4 (Kobalt, Kupfer, Nickel, Mangan); 5 (Kobalt, Kupfer, Nickel, Mangan, Molybdän). Zu den Metallen und Verhüttungsver-  
fahren vgl. auch Tabelle A2.

<sup>b</sup>Ohne Forschungs- und Entwicklungsaufwand. - <sup>c</sup>Kennecott. - <sup>d</sup>INCO. - <sup>e</sup>OMA. - <sup>f</sup>220 000 jato FeMn.  
9660 000 jato FeMn. - <sup>h</sup>"Ammonia Leach" ohne Mangan. - <sup>i</sup>"Ammonia Leach" mit Mangan. - <sup>j</sup>Pyromet.-  
<sup>k</sup>INCO. - <sup>l</sup>Cuprion. - <sup>m</sup>Sulfuric Acid. - <sup>n</sup>Hydrochloric Acid.

Quelle: Tabelle A2 - Eigene Berechnungen.

### III. Fixe und variable Kosten des Landbergbaus

#### Die Entwicklung der durchschnittlichen fixen Kosten im lateritischen Nickelbergbau

16. Die Tabelle A5 enthält Daten über durchschnittliche fixe Kosten für die integrierte Nickelproduktion. Die Daten umfassen den Zeitraum 1965 - 1979; Preisbasis ist 1979<sup>1</sup>. Die Tabelle A5 enthält auch für alle Beobachtungen einen Hinweis auf die betreffende Erzart: Bei 30 der 44 Projekte ist mit Sicherheit bekannt, daß es sich um lateritische Nickelerze handelt; in den restlichen 14 Fällen geht aus den Quellen nicht hervor, ob es sich um lateritische oder sulfidische Erze handelt; doch vermutlich überwiegen bei diesen 14 Projekten die Nickellateriterze<sup>2</sup>.

17. Schaubild 2 zeigt die Entwicklung der durchschnittlichen fixen und variablen Kosten im Landbergbau. Wie bei den Schätzwerten für den Tiefseebergbau sind die fixen Kosten im Nickel-lateritbergbau im Beobachtungszeitraum (1965 - 1979) deutlich gestiegen, der Kostenanstieg beträgt im Jahresdurchschnitt mehr als 6 vH. Die Werte für die einzelnen Beobachtungen sind allerdings um diesen Trend beachtlich gestreut<sup>3</sup>. Ein wesentlicher Grund für den Anstieg der realen fixen Kosten liegt darin, daß neue Nickelproduktionsbetriebe zunehmend mehr in Regionen errichtet werden müssen, die - schon vor den spezifischen Arbeiten für den Erzabbau - erhebliche infrastrukturelle Maßnahmen erfordern. Die Lagerstätten der Nickellateriterze, die für einen künftigen Abbau in Frage kommen, liegen nahezu ausnahmslos

<sup>1</sup>Für die Preisbereinigung wurde - wie auch im Falle des Tiefseebergbaus (vgl. Ziffer 9) - der Chemical Engineering Plant Cost Index verwendet.

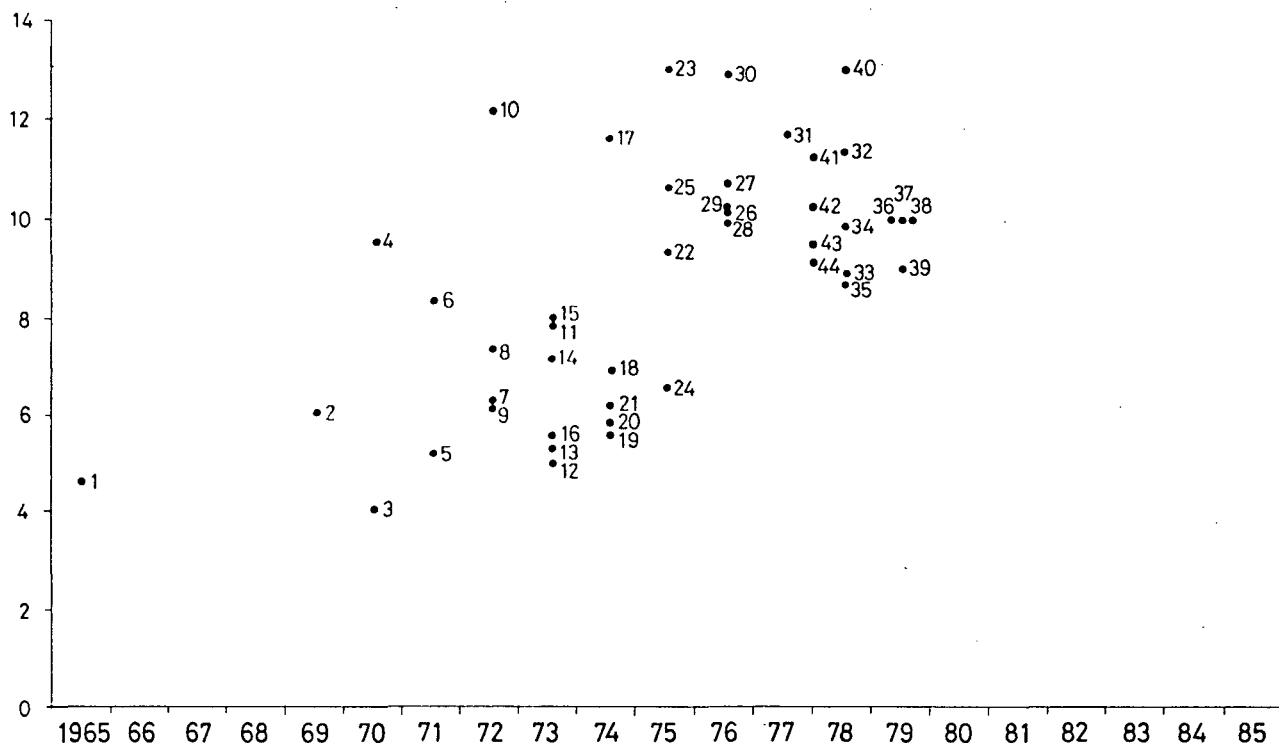
<sup>2</sup>Es handelt sich überwiegend um Projektvorhaben in Entwicklungsländern. Diese Länder verfügen zumeist nur über lateritische Nickelerze.

<sup>3</sup>Tabelle A 4 (Gleichung 2) zeigt die Trendschätzung mit allen 44 in Tabelle A 5 genannten Projekten. Danach ergibt sich eine jahresdurchschnittliche Steigerungsrate von 6,5 vH. Werden nur die 30 "sicheren" Nickellateritprojekte in die Trendanalyse einbezogen, so ergibt sich eine jahresdurchschnittliche Steigerungsrate von 9,4 vH (Tabelle A 4, Gleichung 3).

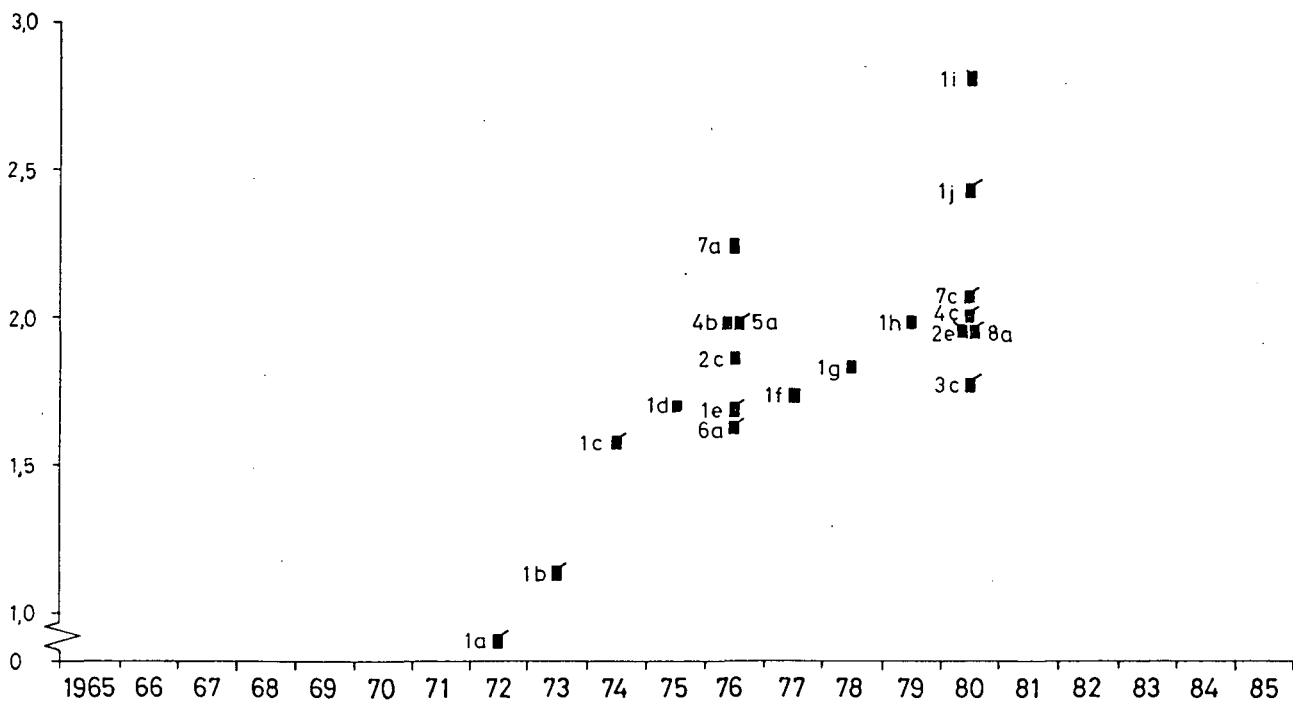


Schaubild 2 - Durchschnittliche fixe und variable Kosten  
im Nickellateritbergbau 1965-1980

Fixe Kosten<sup>a</sup>



Variable Kosten<sup>b</sup>



■ Auslastungsgrad der Produktionskapazität ≥ 90 vH

<sup>a</sup>Durchschnittliche fixe Kosten in US\$ (1979) pro Pound Nickel Jahreskapazität. - <sup>b</sup>Durchschnittliche variable Kosten in US\$ (1979) pro Pound Nickel.

Quelle: Tabellen 2 und A5

in tropischen, infrastrukturell kaum erschlossenen Regionen<sup>1</sup>. Darüber hinaus muß immer mehr auf Erze zurückgegriffen werden, deren Wertmetallgehalt niedriger ist als in den bisherigen Bergbaubetrieben. Umweltschutzmaßnahmen sind ein weiterer Grund für Kostensteigerungen<sup>2</sup>.

#### Die Entwicklung der durchschnittlichen variablen Kosten im lateritischen Nickelbergbau

18. Auch die durchschnittlichen variablen Kosten des Nickel-lateritbergbaus sind im Zeitablauf stark gestiegen. Tabelle 2 und Schaubild 2 vermitteln einen Eindruck von der Entwicklung der variablen Kosten im Zeitraum 1972-1980<sup>3</sup>. Wie schon bei den fixen Kosten, streuen auch bei den variablen Kosten die Werte beachtlich. Diese Streubreite ist zurückzuführen auf Unterschiede im Nickelgehalt der Roherze, in den Verhüttungsverfahren, im Lohn- und Gehaltsniveau, in Material- und Energiekosten, in der Art und Güte des ausgebrachten Nickels (beispielsweise Ferronickel, Nickelmatte, Nickel der Güteklassen I oder II), in der Kapazitätsauslastung der Produktionsbetriebe und im gewählten Abschreibungsverfahren. Soweit in Einzelfällen durch die Gewinnung von Kuppelprodukten die anteiligen Kosten der Nickelerzeugung reduziert werden konnten, wurde dies bei den durchschnittlichen variablen Kosten berücksichtigt. Für den

<sup>1</sup>Zu den Lagerstätten der Nickellateriterze vgl. BGR/DIW [1978].

<sup>2</sup>Die zusätzlichen fixen Kosten zur Erfüllung von Umweltschutzauflagen bei der Errichtung neuer Metall-Bergbaubetriebe und Verhüttungsanlagen betragen etwa 25 vH der sonstigen fixen Kosten (vgl. Mikesell, Financing for Expanding Free World Mine Producing Capacity Through 1990).

<sup>3</sup>Ausgewiesen sind vor allem Daten des Unternehmens Falconbridge Dominicana. Darüber hinaus zeigt die Tabelle 3, wenn auch sehr lückenhaft, variable Kosten von Nickellateritbetrieben Neukaledoniens, Indonésiens, Australiens, der Vereinigten Staaten, Griechenlands, Guatemalas, der Philippinen und Japans. Es handelt sich hierbei sowohl um tatsächliche durchschnittliche Kosten bei der jeweiligen Kapazitätsauslastung als auch um theoretische Werte bei Volllauslastung der Produktionskapazität.

Tabelle 2

Variable Kosten der Gewinnung und Verhüttung von Nickellaterit-  
erzen in US \$ per Pound Nickel sowie Auslastungsgrad der Produktions-  
kapazität 1972 - 1980

| Nickelproduzent<br>(Produktform 1980)                            | lfd.<br>Nr. | Jahr                | Ausla-<br>stungs-<br>grad in<br>vH | Variable Kosten in US \$/lb Nickel                          |                                  |  |                                  |   |                                  |
|--|-------------|---------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|--|----------------------------------|---|----------------------------------|
|  |             |                     |                                    | ohne Abschreibung<br>und Amortisation<br>und Schuldendienst |                                  | mit Abschreibung<br>und Amortisation <sup>a</sup><br>ohne Schuldendienst |                                  | mit Abschreibung,<br>Amortisation und<br>Schuldendienst |                                  |
|  |             |                     |                                    | lfd.<br>Preise  | konstante<br>Preise <sup>b</sup> | lfd.<br>preise   | konstante<br>Preise <sup>b</sup> | lfd.<br>Preise  | konstante<br>Preise <sup>b</sup> |
| Falconbridge   | 1a          | 1972 <sup>c</sup>   | 95                                 | 0,52  | 0,90                             | 0,66   | 1,15                             | 0,92  | 1,60                             |
| Dominicana,  | 1b          | 1973                | 95                                 | 0,68  | 1,13                             | 0,83   | 1,37                             | 1,09  | 1,81                             |
| Dominikanische   | 1c          | 1974                | 99                                 | 1,09  | 1,57                             | 1,23   | 1,78                             | 1,48  | 2,13                             |
| Republik   | 1d          | 1975                | 85                                 | 1,30  | 1,70                             | 1,51   | 1,98                             | 1,81  | 2,36                             |
| (Ferronickel)  | 1e          | 1976                | 92                                 | 1,36  | 1,69                             | 1,55   | 1,93                             | 1,80  | 2,24                             |
|  | 1f          | 1977                | 74                                 | 1,48  | 1,73                             | 1,70   | 1,99                             | 1,98  | 2,32                             |
|  | 1g          | 1978                | 60                                 | 1,68  | 1,83                             | 1,92   | 2,09                             | 2,19  | 2,39                             |
|  | 1h          | 1979                | 74                                 | 1,98  | 1,98                             | 2,14   | 2,14                             | 2,35  | 2,35                             |
|  | 1i          | 1980                | 50                                 | 3,08  | 2,81                             | 3,31   | 3,03                             | 3,64  | 3,33                             |
|  | 1j          | (1980) <sup>d</sup> | (100)                              | (2,66)  | (2,43)                           | .  | .                                | (3,19)  | (2,92)                           |
| Société Metallur-<br>gique Le Nickel                             | 2a          | 1973                | 81                                 | .   | .                                | 1,26   | 2,09                             | 1,52  | 2,52                             |
| (SLN),   | 2b          | 1974                | 95                                 | .   | .                                | 1,29   | 1,86                             | 1,54  | 2,22                             |
| Neukaledonien  | 2c          | 1976                | 87                                 | 1,50  | 1,86                             | .  | .                                | .   | .                                |
| (Nickel Klasse I)  | 2d          | 1980                | 62                                 | .   | .                                | .  | .                                | 4,40  | 4,02                             |
|  | 2e          | (1980) <sup>d</sup> | (100)                              | (2,14)  | (1,96)                           | .  | .                                | (2,91)  | (2,66)                           |
| Soroako,<br>Indonesien   | 3a          | 1974                | 100                                | .   | .                                | 0,83   | 1,20                             | .   | .                                |
| (Nickelmatte)  | 3b          | 1980                | .                                  | .   | .                                | .  | .                                | 4,51  | 4,12                             |
|  | 3c          | (1980) <sup>d</sup> | (100)                              | (1,94)  | (1,77)                           | .  | .                                | (3,12)  | (2,85)                           |
| Greenvale,<br>Australien   | 4a          | 1974                | 100                                | .   | .                                | 0,92   | 1,33                             | 1,92  | 2,77                             |
| (Nickel Klasse II,<br>Nickeloxid)                                | 4b          | 1976                | .                                  | 1,60  | 1,99                             | .  | .                                | .   | .                                |
|  | 4c          | 1980                | .                                  | .   | .                                | .  | .                                | 4,30  | 3,93                             |
|  |             | (1980) <sup>d</sup> | (100)                              | (2,19)  | (2,00)                           | .  | .                                | (3,22)  | (2,94)                           |
| Larco,<br>Griechenland   | 5a          | 1976                | 91                                 | 1,60  | 1,99                             | .  | .                                | .   | .                                |
| Hanna, Oregon/USA  | 6a          | 1976                | 90                                 | 1,30  | 1,62                             | .  | .                                | .   | .                                |
| Marindugue,<br>Philippinen                                       | 7a          | 1976                | 55                                 | 1,80  | 2,24                             | .  | .                                | .   | .                                |
| (Nickel Klasse I)  | 7b          | 1980                | .                                  | .   | .                                | .  | .                                | 4,68  | 4,28                             |
|  | 7c          | (1980) <sup>d</sup> | (100)                              | (2,26)  | (2,07)                           | .  | .                                | (3,14)  | (2,87)                           |
| Exmibal, INCO<br>Guatemala<br>(Nickelmatte,<br>nicht raffiniert) | 8a          | (1980) <sup>d</sup> | (100)                              | (2,15)  | (1,96)                           | .  | .                                | (3,13)  | (2,86)                           |
| Japanische Produ-<br>zenten (.)                                  | 9a          | 1980                | .                                  | .   | .                                | .  | .                                | 3,49  | 3,19                             |

a Im Falle SLN, Soroako und Greenvale "net cash operating cost excluded dept servicing".  
b Preisbasis 1979, Preisbereinigung mit CE-Index  
c Der Produktionsbeginn erfolgte am 1. 6. 1972. Die Gesamtproduktion 1972 betrug 38,4 Mill. lbs.  
d Die Kostendaten in Klammern sind theoretische Werte bei Vollausslastung der Produktionskapazität.  
. Keine Angabe

Kostenvergleich mit dem Tiefseebergbau müssen darüber hinaus die Kosten des Landbergbaus um den Kapazitätsauslastungseffekt bereinigt werden (Tabelle A 4, Gleichung 6).

19. Der Anstieg der variablen Kosten betrug im Zeitraum 1972-1980 im Jahresdurchschnitt mehr als 7 vH. Der rasche Anstieg der variablen Kosten des Nickellateritbergbaus ist zu einem wesentlichen Teil auf die Verteuerung des Faktors Energie - insbesondere von 1973 auf 1974 und von 1979 auf 1980 - zurückzuführen. Der Einfluß der Kapazitätsauslastung auf die variablen Kosten läßt sich anhand des folgenden Beispiels verdeutlichen: nach der o.g. Gleichung ergeben sich für 1980 bei voller Kapazitätsauslastung variable Kosten von 2,22 US\$ (Preisbasis 1979) pro Pound Nickel und 2,94 US\$ (Preisbasis von 1979) pro Pound Nickel bei einem Kapazitätsauslastungsgrad von nur 50 vH. Demnach steigen die variablen Kosten bei einem Kapazitätsauslastungsgrad von nur 50 vH um nahezu ein Drittel im Vergleich zu dem Wert bei Vollaustauslastung<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Im Falle Falconbridge Dominicana ist der Einfluß des Kapazitätsauslastungsgrads nach den vorliegenden Daten offenbar nicht ganz so groß; die variablen Kosten lagen bei einer Kapazitätsauslastung von 50 vH im Jahre 1980 rund 16 vH über dem Wert bei Vollaustauslastung (vgl. Tabelle 3).

#### IV. Analyse der Faktorabsorption im Tiefseebergbau und im Landbergbau

##### Tiefseebergbau

20. Die Studie von Black [1980] enthält detaillierte Angaben über den Faktoreinsatz im Tiefseebergbau. Die dort getroffenen Annahmen über die Faktormengen beruhen im wesentlichen auf der MIT-Studie. Zur Kostenberechnung verwendet Black die Faktorpreise von 1979 für die Vereinigten Staaten (Tabelle A 6). Tabelle 3 zeigt die Struktur des Faktoreinsatzes für den Tiefseebergbau, getrennt nach 3-Metallverfahren und 4-Metallverfahren (einschließlich Mangangewinnung). Danach sind bei den 3-Metallverfahren der INCO-Schmelzprozeß und das Kennecott-Cuprion-Verfahren besonders energieintensiv, das SAL-Verfahren (High Temperature Sulfuric Acid Leach Process) besonders materialintensiv. In allen Fällen ist die zusätzliche Gewinnung des Mangans mit hohen Energiekosten verbunden; der Anteil der Energiekosten an den variablen Kosten beträgt je nach Verfahren zwischen 30 vH und annähernd 45 vH.

21. Unter den verschiedenen Verfahren gilt das INCO-Verfahren als vergleichsweise weit fortgeschritten. Die Analyse der Faktorabsorption wird deshalb auf dieses Verfahren beschränkt. Tabelle A 7 zeigt für die von INCO vorgesehenen 3-Metall- und 4-Metallverfahren die erforderlichen Faktormengen, jeweils bezogen auf einen Output von einem Pound Nickeläquivalent. Der Materialeinsatz ist nach Art des Materials (Chemikalien, Kalk, Elektroden usw.) und der Energiebedarf nach der Art des Energieträgers (Heizöl, Kohle, Strom usw.) getrennt ausgewiesen. Für den Energiebedarf des Tiefseebergbaus ergeben sich Werte von 32,4 kWh/lb Nickeläquivalent (3-Metallverfahren) bzw. 35,7 kWh/lb Nickeläquivalent (4-Metallverfahren)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Zu den Umrechnungsfaktoren für Energiebilanzen vgl. Tabelle A 8.

Tabelle 3 - Struktur des Faktoreinsatzes im Tiefseebergbau<sup>a</sup>  
 (vH-Anteile der Produktionsfaktoren an den variablen Kosten, Preisbasis 1979)

| Produktions-<br>verfahren <sup>b</sup> | 3-Metall-Verfahren<br>(ohne Mangan) |         |      | 4-Metall-Verfahren<br>(mit Mangan) |         |      |      |
|--|-------------------------------------|---------|------|------------------------------------|---------|------|------|
|  | INCO                                | Cuprion | SAL  | INCO                               | Cuprion | HAL  | SAL  |
| Energie                                | 38,2                                | 38,5    | 14,3 | 43,5                               | 44,4    | 38,2 | 32,5 |
| Arbeit                                 | 12,1                                | 15,7    | 14,2 | 11,3                               | 12,8    | 8,8  | 12,2 |
| Material                               | 21,2                                | 16,6    | 39,9 | 22,3                               | 20,3    | 18,8 | 31,3 |
| Kapitalabhängige <sup>c</sup>          | 23,0                                | 22,1    | 25,2 | 20,0                               | 19,3    | 30,2 | 20,9 |
| Sonstige                               | 5,5                                 | 7,1     | 6,4  | 2,9                                | 3,2     | 4,0  | 3,1  |

<sup>a</sup> Bergbau, Transport, Aufbereitung und Verhüttung  
<sup>b</sup> INCO = INCO Smelting Process; Cuprion = Kennecott Cuprion Process; SAL = High Temperature Sulfuric Acid Leach Process; HAL = Hydrochloric Acid Leach Process (Prozeß zur Gewinnung von Nickel, Kupfer, Kobalt und Mangan);  
<sup>c</sup> Jährliche Instandhaltungskosten 2,5 vH, Vermögenssteuer 4 vH und Versicherungsprämien 0,5 vH der Fixkosten

Quelle: Black [1980]. - Eigene Berechnungen.

### Landbergbau

22. Tabelle A 7 enthält Angaben zu den Faktormengen im Landbergbau. Beispielhaft sind für drei Nickellateritprojekte, in denen Ferronickel produziert wird, die spezifischen Faktormengen (je Pound Nickel) angegeben. Zwei dieser drei Beispiele beruhen auf Erfahrungswerten eines europäischen Industrieunternehmens<sup>1</sup>. Das dritte Beispiel zeigt den effektiven Material- und Energieeinsatz in dem brasilianischen Unternehmen Morro do Niguel. Für den Faktor Arbeit liegen in diesem Fall keine Angaben vor. Die Werte für den Energiebedarf des Landbergbaus liegen jeweils bei 28,4 kWh/lb Nickel (Nickellateritbergbau mit 1,25 Millionen Tonnen Roherz), 34,0 kWh/lb (1,5 Millionen Tonnen Roherz) und 47,2 kWh/lb Nickel im Falle Morro do Niguel. Diese Werte für den Nickellateritbergbau liegen damit weitgehend im Rahmen der Daten aus anderen Quellen<sup>2</sup>.

23. Der durchschnittliche Energiebedarf des Nickellateritbergbaus ist danach ungefähr so hoch wie der des Tiefseebergbaus. Da die einzelnen Energieträger jedoch in unterschiedlichem Maß eingesetzt werden, können bei den Energiekosten dennoch Unterschiede auftreten. Um einen detaillierten Kostenvergleich vornehmen zu können, in den auch die übrigen Produktionsfaktoren einbezogen werden, ist es erforderlich, Annahmen über die Faktorpreise zu treffen. Eine entsprechende Kostenberechnung auf der Basis der Faktorabsorptionsanalyse wird neben einer vergleichenden Kostenbetrachtung auf Basis der Trendanalysen für den Tiefseebergbau und für den Landbergbau im folgenden Abschnitt vorgenommen.

---

<sup>1</sup> Für einen jährlichen Ausstoß von 50 Millionen lbs Nickel in Ferronickel werden nach der ersten Alternative 1,25 Millionen Tonnen Roherz, nach der zweiten Alternative 1,5 Millionen Tonnen Roherz verarbeitet.

<sup>2</sup> Vgl. beispielsweise Dasher [1976, Seite 389].

## V. Kostenvergleich Tiefseebergbau-Landbergbau

24. Abschließend werden auf der Basis der bisherigen Untersuchungsergebnisse die Kosten des Landbergbaus und des Tiefseebergbaus miteinander verglichen und eine Projektion für das Jahr 1990 vorgenommen. Im Schaubild 3 sind die Streudiagramme der fixen und variablen Kosten des Landbergbaus und des Tiefseebergbaus dargestellt<sup>1</sup>. Dieser schematische Vergleich zeigt bei den fixen wie auch bei den variablen Kosten Vorteile des Tiefseebergbaus. Die Vorteile des Tiefseebergbaus sind bei den Fixkosten allerdings stärker ausgeprägt als bei den variablen Kosten.

25. Zusätzlich zu den Streudiagrammen zeigt Schaubild 3 für den Landbergbau und den Tiefseebergbau die Trendprojektionen der variablen und fixen Kosten für den Zeitraum 1965-1990<sup>2</sup>. Nach diesen Trendberechnungen erweist sich der Tiefseebergbau sowohl bei den fixen Kosten als auch bei den variablen Kosten im Vergleich zum Landbergbau als wettbewerbsfähig; die Kosten des Tiefseebergbaus liegen am Ende des Beobachtungszeitraums (1979) und im Projektionsjahr 1990 niedriger als die Vergleichswerte des Landbergbaus.

---

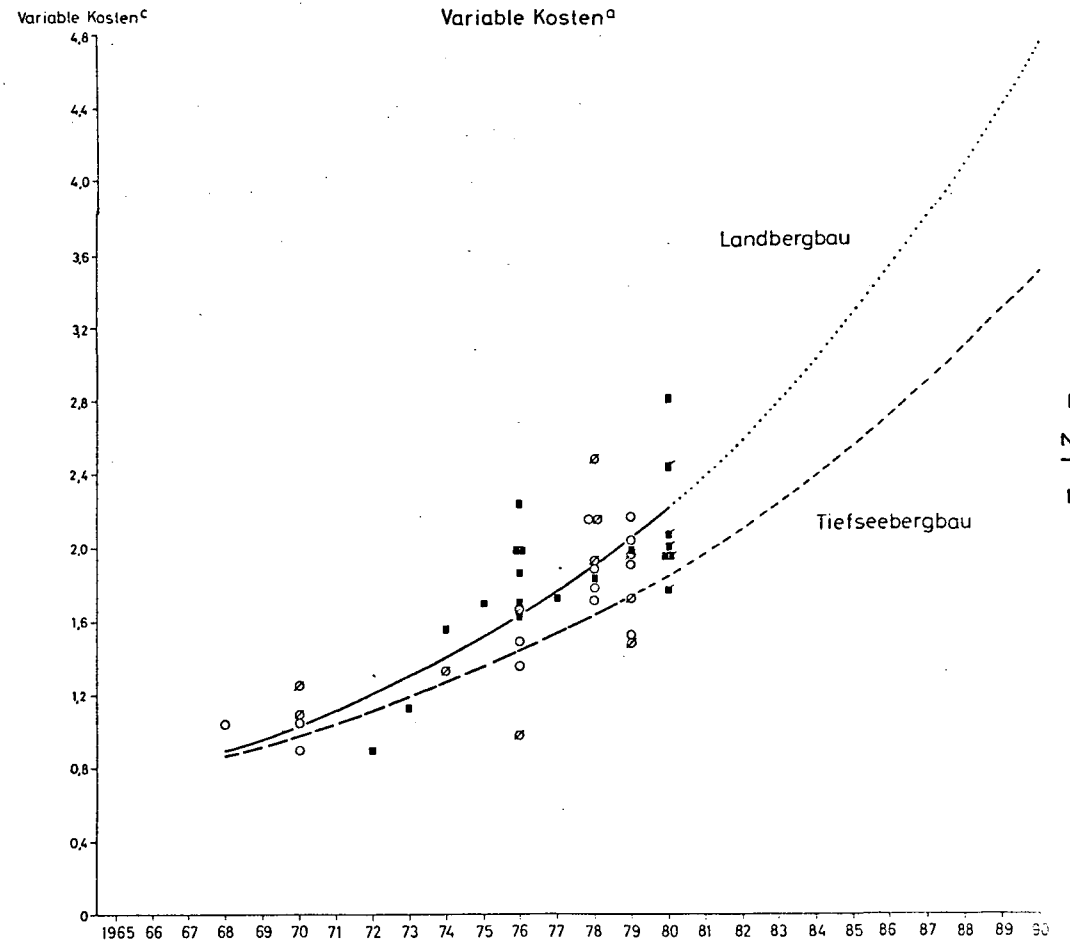
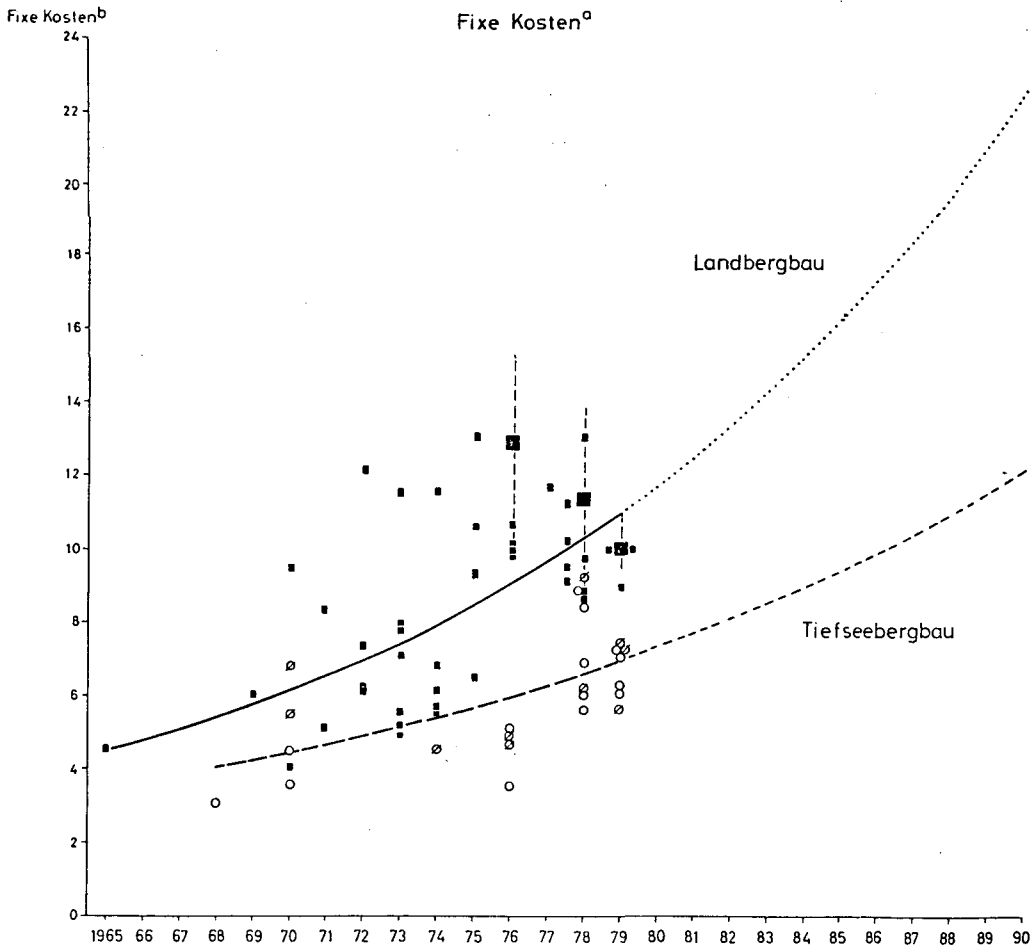
<sup>1</sup>Die variablen Kosten wurden gemessen in US\$ (1979) pro Pound Nickel(-äquivalent) und die fixen Kosten in US\$ (1979) pro Pound Nickel(-äquivalent) Jahreskapazität. Im Falle des Tiefseebergbaus handelt es sich ausschließlich um Schätzwerte, im Falle des Landbergbaus teilweise um Plan- oder Schätzzahlen, teilweise um effektive Kosten von produzierenden Nickellateritbetrieben. Die in Schaubild 3 besonders (mit einer Fahne) gekennzeichneten Beobachtungen für den Landbergbau sind variable Kosten bei "Vollauslastung" der Produktionskapazität (Auslastungsgrad  $\geq 90$  vH).

<sup>2</sup>Die Schätzgleichungen für diese Trendprojektionen basieren auf dem jeweils längstmöglichen Beobachtungszeitraum (Gleichungen (1), (2), (4) und (6) der Tabelle A 4).



# Schaubild 3 - Tiefseebergbau versus Landbergbau

Streudiagramme und Trendprojektion der fixen und variablen Kosten im Tiefseebergbau (Manganknollen) und im Landbergbau (Nickellateriterze) - (1965 bis 1990)



<sup>a</sup>Die Kosten umfassen folgende Projektbereiche: Prospektion und Exploration, Abbau, Transport und Verhüttung. - <sup>b</sup>Fixe Kosten in US-\$ (1979) pro Pound Nickel (äquivalent) Jahreskapazität. - <sup>c</sup>Variable Kosten in US-\$ (1979) pro Pound Nickeläquivalent

Quelle: Vgl. Tabellen 1,2,3,4. - Eigene Berechnungen.



26. Bei den Kostenberechnungen für den Tiefseebergbau auf der Basis der Faktorabsorption bietet es sich an, dem von Black gewählten Vorgehen zu folgen und die Faktorpreise der Vereinigten Staaten in Ansatz zu bringen. Weiterhin wird angenommen, daß die Faktorpreise für Material und Energie im Landbergbau mit denen im Tiefseebergbau identisch sind. Zur Ermittlung der Arbeitskosten im Landbergbau werden dagegen nur 75 vH der Löhne und Gehälter des Tiefseebergbaus eingesetzt. Auf diese Weise soll berücksichtigt werden, daß der Nickellateritbergbau überwiegend in Ländern mit niedrigem Lohnniveau betrieben wird<sup>1</sup>.

27. Die Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse dieser Kostenberechnung aufgrund der Faktorabsorptionsanalyse. Danach

- unterscheiden sich die Gesamtkosten, das heißt die variablen und die anteiligen Fixkosten des Tiefseebergbaus, kaum von denen des konkurrierenden Landbergbaus,
- sind sowohl der Landbergbau als auch der Tiefseebergbau besonders energie-intensiv<sup>2</sup>,
- erweist sich der Tiefseebergbau als material-intensiver<sup>3</sup> im Vergleich zum Landbergbau,
- liegen die kapitalabhängigen Kosten des Landbergbaus höher als diejenigen des Tiefseebergbaus.

Bemerkenswert ist bei diesem Kostenvergleich auf der Basis der Faktorabsorptionsanalyse, daß die variablen Kosten des Tiefseebergbaus sich nicht wesentlich von den Kosten des Landbergbaus unterscheiden. Anders als im Falle der Trendanalyse erweist sich

---

<sup>1</sup> Dabei wird angenommen, daß die zumeist geringere Arbeitsproduktivität diesen Lohnvorteil nicht kompensiert.

<sup>2</sup> Der Energieanteil an den variablen Kosten bewegt sich zwischen 38 vH (Tiefseebergbau, 3-Metallverfahren) und rund 45 vH (Landbergbau, Ferronickelprozeß, Alternative B). Nach Angaben von Falconbridge Nickel Mines Ltd. betrug 1980 der Energieanteil bei Falconbridge Dominicana 60 vH.

<sup>3</sup> Prozeßmaterial wie Chemikalien, Elektroden usw. (vgl. Tabelle A 7).

Tabelle 4

Variable und anteilige fixe Kosten in US \$ (1979) pro Pound Nickel(-Äquivalent) im Tiefseebergbau und im Landbergbau (Faktorabsorptionsansatz)

| Faktor  | Tiefseebergbau (INCO)     |                          | Landbergbau  |                            |
|---|---------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|   | ohne Mangan-<br>gewinnung | mit Mangan-<br>gewinnung | Ferronickelprozeß <sup>a</sup><br>Alternative A <sup>b</sup> | Alternative B <sup>c</sup> |
| Arbeit  |                           |                          |  |                            |
| Arbeiterstd   | 0,1310                    | 0,1310                   | 0,2000   | 0,2000                     |
| Angestelltenstd   | 0,1043                    | 0,1172                   | 0,0500   | 0,0500                     |
| <u>Arbeit insgesamt</u>                                 | <u>0,24</u>               | <u>0,25</u>              | <u>0,25</u> <sup>d</sup>                                     | <u>0,25</u> <sup>d</sup>   |
| Material  |                           |                          |  |                            |
| Chemikalien   | 0,2664                    | 0,1633                   | .  | .                          |
| Elektroden  | 0,0324                    | 0,0184                   | .  | .                          |
| LIX 64 N  | 0,0069                    | 0,0039                   | .  | .                          |
| Kalk  | .                         | 0,0231                   | 0,0081   | 0,0098                     |
| Elektroden-Paste  | .                         | 0,0215                   | .  | .                          |
| (Eisen) Schrott   | .                         | 0,0450                   | .  | .                          |
| Koks  | .                         | 0,1140                   | .  | .                          |
| Flußmittel (Silica)                                     | .                         | 0,0308                   | .  | .                          |
| div. Material für<br>Bergbau und Trans-<br>port         | 0,1122                    | 0,0637                   | .  | .                          |
| Wasser  | 0,0005                    | 0,0003                   | 0,0010   | 0,0012                     |
| <u>Material insgesamt</u>                               | <u>0,42</u>               | <u>0,48</u>              | <u>0,10</u>  | <u>0,12</u>                |
| Energie   |                           |                          |  |                            |
| Kohle   | 0,2658                    | 0,1511                   | 0,0029   | 0,0035                     |
| Strom (Bergbau<br>und Transport)                        | 0,0637                    | 0,0363                   | .  | .                          |
| Strom (Aufbereitung<br>und Verhüttung)                  | 0,3309                    | 0,6153                   | 0,3750   | 0,4500                     |
| Dampf   | 0,0833                    | 0,0502                   | .  | .                          |
| Heizöl  | 0,0025                    | 0,0895                   | 0,4284   | 0,5141                     |
| Dieselöl  | .                         | .                        | 0,0252   | 0,0302                     |
| <u>Energie insgesamt</u>                                | <u>0,75</u>               | <u>0,94</u>              | <u>0,83</u>  | <u>1,00</u>                |
| Variable Kosten   | 1,41                      | 1,67                     | 1,18   | 1,37                       |
| Anteilige Fixkosten                                     | 0,45                      | 0,44                     | 0,74   | 0,83                       |
| Sonstige Kosten   | 0,11                      | 0,06                     | .  | .                          |
| <u>Variable und anteilige<br/>fixe Kosten insgesamt</u> | <u>1,97</u>               | <u>2,17</u>              | <u>1,92</u>  | <u>2,20</u>                |

<sup>a</sup> Die zugrundeliegenden Faktormengen beruhen auf Erfahrungswerten eines europäischen Industrieunternehmens.

<sup>b</sup> 1,25 Millionen Tonnen (dmt) Roherz, 50 Millionen Pound Nickel.

<sup>c</sup> 1,50 Millionen Tonnen (dmt) Roherz, 50 Millionen Pound Nickel.

<sup>d</sup> Zur Berechnung vgl. Ziffer 26.

<sup>e</sup> Einschließlich eines Schätzwertes von 0,09 US \$/lb Nickel für nicht einzeln ausgewiesenes Material.

<sup>f</sup> Einschließlich eines Schätzwertes von 0,11 US \$/lb Nickel für nicht einzeln ausgewiesenes Material.

<sup>g</sup> Einschließlich Bergbau und Transport.

<sup>h</sup> Unter der Annahme gleicher Konditionen wie bei INCO (7 vH des Investitionsaufwandes).

der Tiefseebergbau nach den Ergebnissen der Faktorabsorptionsanalyse nicht als ganz eindeutig vorteilhaft; der Tiefseebergbau ist allerdings auch nach dem Faktorabsorptionsansatz gegenüber dem Landbergbau wettbewerbsfähig.

28. Dies zeigt sich auch bei der Projektion der variablen Kosten für das Jahr 1990. Unter der Annahme, daß die Faktorpreise sich bis zum Jahr 1990 so weiterentwickeln wie von 1967 bis 1978<sup>1</sup>, sind auch für 1990 keine wesentlichen Unterschiede bei den Produktionskosten zwischen Nickellateritbetrieben und Tiefseebergbaubetrieben zu erwarten (Tabelle 5). Die variablen Kosten der beiden für den Landbergbau berechneten Alternativen<sup>2</sup> liegen zwischen den Werten, die sich für den Tiefseebergbau ohne Mangangewinnung einerseits und mit Mangangewinnung andererseits ergeben. Die durchschnittlichen variablen Kosten eines Tiefseebergbauprojekts mit Mangangewinnung liegen den Berechnungen zufolge im Jahr 1990 etwa 13 vH über den variablen Kosten eines Tiefseebergbauprojekts ohne Mangangewinnung. Die höheren Kosten des 4-Metallverfahrens sind vor allem auf den größeren Materialeinsatz, zum Teil auch auf den größeren Energiebedarf zurückzuführen.

29. Bei der Projektion der Kosten wurde angenommen, daß keine Faktorsubstitution stattfindet. Da das Ziel dieser Untersuchung in erster Linie ein Vergleich der Kosten des Tiefseebergbaus und des Landbergbaus ist, erscheint diese Annahme als plausibel. Es ist zwar nicht auszuschließen, daß bis zum Jahr 1990 spürbare Verschiebungen beim Faktoreinsatz - etwa eine höhere Kapitalintensität oder die Verwendung alternativer Energien eintreten werden. So ist schon jetzt erkennbar, daß infolge der rasch

---

<sup>1</sup>Der Zeitraum 1967 - 1978 wurde aus folgenden Gründen als Basiszeitraum für die Projektion ausgewählt: Im Vergleich zu den Vorjahren sind die Faktorpreise ab 1967 wesentlich stärker gestiegen, und 1978 ist das statistisch aktuellste Jahr, für das Preisangaben in allen Fällen vorlagen.

<sup>2</sup>Zu den Alternativen vgl. Ziffer 22.

Tabelle 5 - Projektion der durchschnittlichen variablen Kosten des Landbergbaus und des Tiefseebergbaus aufgrund der Faktorabsorptionsanalyse 1979 - 1990

| Faktor                                | Faktorpreise 1979 | Jährliche Steigerungsrate <sup>a</sup> | Faktormengen                        |                |                           |          | Faktorkosten 1990 in US \$ (1979) per Pound Nickel (-äquivalent) |         |                           |        |                           |        |
|---------------------------------------|-------------------|--|-------------------------------------|----------------|---------------------------|----------|--|---------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
|                                       |                   |  | Tiefseebergbau ohne Mangangewinnung |                | Landbergbau Alternative A |          | Tiefseebergbau ohne Mangan                                       |         | Landbergbau Alternative A |        | Landbergbau Alternative B |        |
| Dimension                             |                   |  | Dimension                           |                |                           |          |  |         |                           |        |                           |        |
| <b>Arbeit</b>                         |                   |  |                                     |                |                           |          |  |         |                           |        |                           |        |
| Arbeiter                              | \$/Std.           | 10,00                                  | 2,1                                 | Std.           | 0,0131                    | 0,0131   | 0,0260   | 0,0260  | 0,1646                    | 0,1646 | 0,2452                    | 0,2452 |
| Angestellte                           | \$/Std.           | 10,75                                  | 2,1                                 | Std.           | 0,0097                    | 0,0109   | 0,0064   | 0,0064  | 0,1311                    | 0,1473 | 0,0648                    | 0,0648 |
| <b>Materialien</b>                    |                   |  |                                     |                |                           |          |  |         |                           |        |                           |        |
| Chemikalien                           |                   |  | 3,2                                 | (US \$, 1979)  | (0,2664)                  | (0,1633) | .  | .       | 0,3767                    | 0,2309 | .                         | .      |
| Elektroden                            | \$/kg             | 1,000                                  | 3,4                                 | kg             | 0,0324                    | 0,0184   | .  | .       | 0,0468                    | 0,0266 | .                         | .      |
| LIX 64 N                              | \$/lb             | 2,7500                                 | 3,4                                 | lb             | 0,0025                    | 0,0014   | .  | .       | 0,0099                    | 0,0056 | .                         | .      |
| Kalk                                  | \$/kg             | 0,0325                                 | 0,9                                 | kg             | -                         | 0,7100   | 0,2500   | 0,3000  | -                         | 0,0255 | 0,0090                    | 0,0108 |
| Elektroden-Paste                      | \$/kg             | 0,3000                                 | 3,4                                 | kg             | -                         | 0,0718   | .  | .       | -                         | 0,0311 | .                         | .      |
| Schrott                               | \$/kg             | 0,1000                                 | 5,0                                 | kg             | -                         | 0,4500   | .  | .       | -                         | 0,0770 | .                         | .      |
| Koks                                  | \$/kg             | 0,0800                                 | 9,0                                 | kg             | -                         | 1,4300   | .  | .       | -                         | 0,2952 | .                         | .      |
| Silica                                | \$/kg             | 0,0400                                 | 1,4                                 | kg             | -                         | 0,7700   | .  | .       | -                         | 0,3590 | .                         | .      |
| div.                                  |                   |  | 1,4                                 | \$             | 0,1122                    | 0,0637   | .  | .       | .                         | .      | .                         | .      |
| Material Wasser                       | \$/m <sup>3</sup> | 0,0132                                 | 1,4                                 | m <sup>3</sup> | 0,0372                    | 0,0217   | 0,0750   | 0,0900  | 0,0006                    | 0,0003 | 0,0012                    | 0,0014 |
| <b>Energie</b>                        |                   |  |                                     |                |                           |          |  |         |                           |        |                           |        |
| Kohle                                 | \$/kg             | 0,0579                                 | 9,0                                 | kg             | 4,5900                    | 2,6100   | 0,0500   | 0,0600  | 0,6857                    | 0,3899 | 0,0075                    | 0,0090 |
| Strom                                 | \$/kWh            | 0,0300                                 | 3,4                                 | kWh            | 13,1500                   | 21,7200  | 12,5000  | 15,0000 | 0,5694                    | 0,9405 | 0,5413                    | 0,6495 |
| Dampf                                 | \$/lb             | 0,0027                                 | 3,4                                 | lb             | 32,6900                   | 18,6100  | .  | .       | 0,1275                    | 0,0726 | .                         | .      |
| Heizöl                                | \$/l              | 0,1260                                 | 7,1                                 | l              | 0,0200                    | 0,7100   | 3,4000   | 4,0800  | 0,0054                    | 0,1903 | 0,9112                    | 1,0934 |
| Dieselöl                              | \$/l              | 0,1260                                 | 7,1                                 | l              | .                         | .        | 0,2000   | 0,2400  | .                         | .      | 0,0536                    | 0,0643 |
| <b>Kapitalabhängige Faktor-kosten</b> |                   |  |                                     |                |                           |          |  |         |                           |        |                           |        |
|                                       |                   |  | 6,5                                 | (US \$ 1979)   | 0,5600                    | 0,5000   | 0,7400   | 0,8300  | 1,1196                    | 0,9996 | 1,4794                    | 1,6593 |
| <b>Insgesamt</b>                      |                   |  |                                     |                |                           |          |  |         | 3,2400                    | 3,9600 | 3,3200                    | 3,8000 |

a 1967/1978

Quelle: Tabellen A6 und A7  
Eigene Berechnungen

gestiegenen Ölpreise im Nickellateritbergbau künftig in zunehmendem Maße auf Kohle als wichtigstem Energieträger zurückgegriffen wird<sup>1</sup>. Diese Art der Substitution wird jedoch kaum auf den Landbergbau beschränkt bleiben; sie dürfte in entsprechender Weise wohl auch im Tiefseebergbau vorgenommen werden.

## VI. Schlußbemerkungen

30. Nach den Untersuchungsergebnissen kann der Tiefseebergbau durchaus mit dem künftigen Nickellateritbergbau konkurrieren. Ebenso wie für den Nickellateritbergbau könnte jedoch auch für den Tiefseebergbau ein Rückgang der Nickelnachfrage zu einer geringeren Kapazitätsauslastung und infolgedessen steigenden Produktionskosten führen. Solange die Reserven sulfidischer Nickelerze ausreichen, um einen hohen Anteil der Nickelnachfrage zu befriedigen, wird sich ein Nachfragerückgang zunächst immer in einer geringeren Kapazitätsauslastung der Nickellateritbetriebe auswirken. Denn die Produktionskosten der Nickelsulfidbetriebe sind - nicht zuletzt wegen ihres geringen Energiebedarfs - in der Regel niedriger als die der Nickellateritbetriebe und des Tiefseebergbaus. Im Falle des Tiefseebergbaus wirkt sich allerdings vorteilhaft aus, daß außer Nickel noch andere Metalle gleichzeitig erzeugt werden. Sofern nicht zum gleichen Zeitpunkt und im gleichen Maße die Nachfrage nach Kobalt, Mangan und Kupfer ebenso zurückgeht wie die nach Nickel, so wird sich dies für den Tiefseebergbau im Vergleich zum Nickellateritbergbau günstig auswirken.

---

<sup>1</sup> So soll beispielsweise ein Nickelwerk der Marinduque Mining and Industrial Corporation von Erdöl auf Kohlebefeuerung umgestellt werden (vgl. NfA, Nachrichten für den Außenhandel, Eschborn, vom 1.9.1981). Vgl. auch The Globe and Mail, June 16, 1981, Seite 86: "Accelerating fuel oil prices are the main factor pushing the bottom out of the unit's profit line and Falconbridge is studying an alternative fuel source,...The most likely one is to switch to a coal-fired power generating plant."

31. Im Tiefseebergbau dürfte auch das Rationalisierungspotential größer sein als im Nickellateritbergbau. Bei der Verhüttung lateritischer Erze werden zwar im Vergleich zur Verarbeitung sulfidischer Nickelerze relativ junge Technologien angewendet, die noch mehr Entwicklungsmöglichkeiten bieten. Für den Tiefseebergbau sind jedoch noch größere Rationalisierungschancen zu erwarten, sobald die Technologien zur Exploration, Förderung und Verhüttung der Manganknollen standardisiert und Skalenerträge sowohl bei der Produktion der Anlagen als auch bei deren Betrieb realisiert werden.

ANHANG A: TABELLEN A1 - A9

Tabelle A 1

Tiefseebergbau-Konsortien (Stand: 1980)

- |   |       |     |                                       |
|---|-------|-----|---------------------------------------|
| 1. Ocean Mining Associates (OMA)  |       |     | 6. Continuous Line Bucket (CLB) Group |
| - U. S. Steel Corporation   | (33,3 | vH) | - CNEXO                               |
| - Union Minière, Belgien  | (33,3 | vH) | - SLN                                 |
| - Sun Oil Company   | (33,3 | vH) | - CEA                                 |
|   |       |     | - Deepsea Ventures, Inc.              |
|   |       |     | - Dome Exploration                    |
| 2. Ocean Management, Inc. (OMI)   |       |     | - COMINCO                             |
| - International Nickel Company  | (25   | vH) | - Tech. Corporation                   |
| - Arbeitsgemeinschaft meeres-<br>technisch gewinnbare Rohstoffe, AMR<br>(Metallgesellschaft AG,<br>Preussag AG, Salzgitter AG | (25   | vH) | - International Nickel Company        |
| - Deep Ocean Mining Company (DOMC)<br>(23 japanische Firmen, darunter<br>Sumitomo, Nippon Mining, Dowa<br>Mining)             | (25   | vH) | - Sumitomo                            |
| - SEDCO, Inc.   | (25   | vH) | - AMR                                 |
|   |       |     | - Atlantic Richfield Corporation      |
|   |       |     | - Occidental Minerals                 |
|   |       |     | - Placer Developments                 |
|   |       |     | - Utah International                  |
|   |       |     | - Superior Oil Corporation            |
|   |       |     | - Broken Hill Pty.                    |
|   |       |     | - Phelps Didge                        |
|   |       |     | - Furutaka                            |
|   |       |     | - Ocean Resources Inc.                |
| 3. Kennecott Consortium   |       |     |                                       |
| - Kennecott Copper Corporation  | (50   | vH) |                                       |
| - Mitsubishi Corporation  | (10   | vH) |                                       |
| - Consolidated Gold Fields, Inc.  | (10   | vH) |                                       |
| - Noranda Mines   | (10   | vH) |                                       |
| - B. P. Minerals Co.  | (10   | vH) |                                       |
|   |       |     |                                       |
| 4. Ocean Minerals Company   |       |     |                                       |
| - Lockheed Missiles and Space   |       |     |                                       |
| - Billiton B. V. (Royal Dutch Shell)  |       |     |                                       |
| - AMOCO Minerals Division of<br>Standard Oil of Indiana   |       |     |                                       |
| - Bos Kalis Westminster B. V.   |       |     |                                       |
|   |       |     |                                       |
| 5. AFERNOD  |       |     |                                       |
| - Centre National Pour l'Exploitation<br>des Oceans (CNEXO)   |       |     |                                       |
| - Commissariat l'Energie Atomique<br>(CEA)  |       |     |                                       |
| - Société Métallurgique Pour le<br>Nickel (SLN)   |       |     |                                       |
| - France Dunkerque<br>(Empain Schneider Group)  |       |     |                                       |
| - Bureau Recherches Géologique<br>et Minières (BRGM)  |       |     |                                       |
| - Pechiney  |       |     |                                       |



Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungs-<br>jahr                  |                                | Mero John L.<br>The Mineral Resources<br>of the Sea<br>1965            | Hess H. D.<br>The Ocean: Mining's<br>Newest Frontier<br>1965 | Sorenson P. E. and<br>Mead W. J.<br>A Cost Benefit Ana-<br>lysis of Ocean Mine-<br>ral Resource Develop-<br>ment: The Case of<br>Manganese Nodules<br>1968 | Dorstewitz G.<br>Meeresbergbau auf<br>Kobalt, Mangan<br>und Nickel<br>1971                 |
|---|--------------------------------|--|--|--|--|
| Produktions-<br>kapazität<br>(Manganknollen,<br>trocken)            | Dimen-<br>sion<br>Mio<br>Jato  | 1,220  | 1,500  | 1,800  | 1,25   |
| Betriebszeit,<br>tägliche Förderung                                 | Tage/<br>Jahr<br>Tonnen<br>Tag | 292 Tage à<br>20 Stunden   | 300 Tage à 5000 to   | 360 Tage à 5000 to<br>(net dry weight)   | 250 Arbeitstage<br>à 5000 to   |
| Gewinnungsver-<br>fahren  | -                              | "deepsea hydraulic<br>dredge"  | "hydraulic dredge"   |  |  |
| Aufbereitungs-<br>verfahren   | -                              | "leaching"<br>4-Metalle  | 5-Metalle <sup>1</sup>                                       | "reductive roast<br>ammonium carbonate<br>leach process"<br>4-Metalle  | ammoniakalisches<br>Drucklaugerver-<br>fahren nach Brooks,<br>Dean, Rosenbaum<br>4-Metalle |
| Preisbasis  | (Jahr)                         | 1963 <sup>1</sup>  | 1964 <sup>2</sup>  | 1968 <sup>1</sup>  | 1970 <sup>1,2</sup>  |
| Fixe Kosten   | (Mio.<br>US \$)                |  |  |  |  |
| Forschung und<br>Entwicklung  |                                | .  | .  | .  | .  |
| Prospektion und<br>Exploration                                      |                                | .  | .  | .  | 0,9  |
| Bergbau   |                                | 5,9 $\sqrt{1963}$ <sup>2</sup><br>7,5 $\sqrt{1970}$ <sup>2</sup>       | 6,0  | 150,0  | 23,1   |
| Transport   |                                | .  | .  | 15,0   | 11,0   |
| Aufbereitung,<br>Verhüttung   |                                | .  | 75,0 - 100,0   | 50,0   | 35,6   |
| Insgesamt   |                                | .  | (81,0 - 106,0) <sup>3</sup>                                  | 215,0 <sup>2</sup>   | 70,6   |
| Durchschnittliche<br>fixe Kosten<br>(per Jato Kapazität)            | US \$/to                       |  |  |  |  |
| Forschung und<br>Entwicklung  |                                | .  | .  | .  | .  |
| Prospektion und<br>Exploration                                      |                                | .  | .  | .  | 0,72   |
| Bergbau   |                                | 4,84 $\sqrt{1963}$ <sup>2</sup><br>6,15 $\sqrt{1970}$ <sup>2</sup>     | 4,0  | 83,33  | 18,48  |
| Transport   |                                | .  | .  | 8,33   | 8,80   |
| Aufbereitung,<br>Verhüttung   |                                | .  | 50,00-66,70  | 27,78  | 28,48  |
| Insgesamt   |                                | .  | 54,00-70,70  | 119,44   | 56,48  |
| Variable Kosten<br>(p.a.)   | Mio.<br>US-\$                  |  |  |  |  |
| Bergbau   |                                | 4,3 $\sqrt{1963}$ <sup>7</sup><br>5,0 $\sqrt{1970}$ <sup>7</sup>       | 6,0-9,0  | 16,5 <sup>3</sup>  | 9,1  |
| Transport   |                                | .  | 15,0   | 10,5 <sup>4</sup>  | 7,7  |
| Aufbereitung,<br>Verhüttung   |                                | 30,5 $\sqrt{1959}$ <sup>7</sup><br>36,0 $\sqrt{1970}$ <sup>7</sup>     | 37,5   | 45,0   | 39,1   |
| Insgesamt   |                                | 47,0   | 58,5-61,5  | 72,0   | 55,8   |
| Durchschnittliche<br>Variable Kosten<br>(per to Mangan-<br>knollen) | US-\$/<br>to                   |  |  |  |  |
| Bergbau   |                                | 3,55 $\sqrt{1963}$ <sup>2,3</sup><br>4,10 $\sqrt{1970}$ <sup>3,4</sup> | 4,00-6,00  | 9,20   | 7,24   |
| Transport   |                                | .  | 10,00  | 5,80   | 6,14   |
| Aufbereitung,<br>Verhüttung   |                                | 25,0 $\sqrt{1959}$ <sup>5</sup><br>30,0 $\sqrt{1970}$ <sup>5</sup>     | 25,0   | 25,00  | 31,26  |
| Insgesamt   |                                | 40,55 <sup>7</sup>   | 40,00-41,00  | 40,00  | 44,64 <sup>7</sup>   |
| Metallgehalt in den<br>Manganknollen                                | %                              |  |  |  |  |
| Mangan  |                                |  |  | 24,20  |  |
| Nickel  |                                |  |  | 0,99   |  |
| Kobalt  |                                |  |  | 0,35   |  |
| Kupfer  |                                |  |  | 0,57   |  |
| Eisen   |                                |  |  | 14,00  |  |
| Silberblei  |                                |  |  |  |  |

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie |                 | Mero John L.<br>The Mineral Resources of the Sea  | Hess H. D.<br>The Ocean: Mining's Newest Frontier  | Sorenson P. E. and Mead W. J.<br>A Cost Benefit Analysis of Ocean Mineral Resource Development: The Case of Manganese Nodules  | Dorstewitz G.<br>Meeresbergbau auf Kobalt, Mangan und Nickel  |
|---------------------------|-----------------|---|--|--|---|
| Erscheinungsjahr          |                 | 1965  | 1965   | 1968   | 1971  |
| Ausbringungsgrad          | Dimension<br>vH |   |  |  |   |
| Mangan                    |                 | 75,0  | .  | 85,0   |   |
| Nickel                    |                 | 90,0  | .  | 95,0   |   |
| Kobalt                    |                 | 85,0  | .  | 90,0   |   |
| Kupfer                    |                 | 10,0  | .  | 20,0   |   |
| Eisen                     |                 |   |  | 85,0   |   |
| Molybdän                  |                 |   |  |  |   |
| Jährliche Ausbringung     | to              |   |  |  |   |
| Mangan                    |                 |   |  | 585 000 Mn-Fe-Erz  |   |
| Nickel                    |                 |   |  | 17 100   |   |
| Kobalt                    |                 |   |  | 5 760  |   |
| Kupfer                    |                 |   |  | 1 908  |   |
| Eisen                     |                 |   |  |  |   |
| Molybdän                  |                 |   |  |  |   |
| Bemerkungen               |                 | Belegungsdichte 2 lb/ft <sup>2</sup><br>"Pick-up"-Wirkungsgrad 70 vH  | Lage der Förderstätten<br>12000 bis 18000 ft   |  | Dorstewitz hat auch eine Kostenanalyse für den Fall einer Teilaufbereitung auf See durchgeführt. Besetzung 8000 to Manganknollen je km <sup>2</sup> , Lagerstättenausbringung (pick-up-rate 70 vH)  |
| Fußnoten                  |                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>Datum des Vorworts Dec.12,1963. Soweit aus dem Text Abweichungen von dieser Preisbasis hervorgehen, ist die jeweilige Preisbasis in <math>\frac{1}{1}</math> hinter den betreffenden Kostendaten angegeben.</li> <li>Angaben gelten für eine Fördertiefe von 3048 m (10000 ft).</li> <li>Kosten einschl. Abschreibung, Überholung, Reparaturen, Steuern, Versicherung etc.</li> <li>Vgl. Drechsler, S. 74.</li> <li>Preisbasis 1959; vgl. Mero, S. 272.</li> <li>Inflationiert mit "whole sale price index" (vgl. Drechsler, S. 75)</li> <li>per to "raw nodules" Preisbasis unbekannt.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Vgl. die Angaben zur Bedarfsdeckung des US-Marktes.</li> <li>Vorjahr der Veröffentlichung der Studie.</li> <li>Bergbau, Aufbereitung und Verhüttung.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Datum der Veröffentlichung 12. Dec. 1968.</li> <li>An anderer Stelle des Berichts werden 175 Mio. \$ als "capital cost" angegeben. Vgl. Sorenson, Mead, S. 1617.</li> <li>7,5 Mio. US-\$ "operation and maintenance", 7,5 Mio. US-\$ "insurance", 1,5 Mio. US-\$ "power costs".</li> <li>550 000 US-\$ "construction", annual maintenance costs of 5 p.c.; insurance costs of 2,5 p.c. Ocean going tugs chartered of 1500 US-\$/day; Port facility 5 Mio. US-\$ with annual cost for off-loading 1 Mio. US-\$.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Vorjahr der Veröffentlichung der Studie. Vgl. auch Dorstewitz, S. 80 (Metallpreise nach dem Stand vom Mai 1970).</li> <li>Zur Umrechnung der DM-Angaben wurde ein Wechselkurs von 3,647 DM/US-\$ in Ansatz gebracht.</li> <li>Ohne Kapitalkosten (3,1 US-\$) bei Aufbereitung und Weiterverarbeitung, ohne Explorationskosten (1,5 US-\$/to)</li> <li>Angaben über kritische Gehalte vgl. Dorstewitz, S.84.</li> </ol> |

Quelle: Vgl. Autoren im Kopf der Tabelle. - Eigene Berechnungen.

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungsjahr            |                         | Drechsler, H.<br>A Study in Industrial Organization:<br>The Potential Seabed Mining Industry<br>1972 |   |  |  |
|--|-------------------------|--|---|--|--|
|  |                         | Fall A <sup>1</sup>  | Fall B <sup>1</sup>                                   | Fall C <sup>1</sup>                                    | Fall D <sup>1</sup>                                    |
| Produktionskapazität (Manganknollen, trocken)            | Dimension<br>Mio. Jato  | 1,0  | 1,0   | 2,0  | 2,0  |
| Betriebszeit, tägliche Förderung                         | Tage/Jahr<br>Tonnen/Tag | 325 Tage à 3077 to   | 325 Tage à 3077 to                                    | 325 Tage à 6154 to                                     | 325 Tage à 6154 to                                     |
| Gewinnungsverfahren                                      | -                       |  |   |  |  |
| Aufbereitungsverfahren                                   | -                       | "Hydrometallurgica <sup>2</sup> 3-Metalle <sup>2</sup>   | Hydrometallurgica <sup>3</sup> 4-Metalle <sup>3</sup> | "Hydrometallurgica <sup>2</sup> 3-Metalle <sup>2</sup> | "Hydrometallurgica <sup>3</sup> 4-Metalle <sup>3</sup> |
| Preisbasis   | (Jahr)                  | 1970 <sup>4</sup>  | 1970 <sup>4</sup>                                     | 1970 <sup>4</sup>                                      | 1970 <sup>4</sup>                                      |
| Fixe Kosten  | (Mio. US \$)            |  |   |  |  |
| Forschung und Entwicklung                                |                         | .  | .   | .  | .  |
| Prospektion und Exploration                              |                         | 6,0  | 6,0   | 9,6  | 9,6  |
| Bergbau  |                         | 70,0   | 70,0  | 112,2  | 112,2  |
| Transport  |                         | 15,0   | 15,0  | 24,0   | 24,0   |
| Aufbereitung, Verhüttung                                 |                         | 70,0   | 100,0   | 112,2  | 160,2  |
| Insgesamt  |                         | 161,0  | 191,0   | 258,0 <sup>6a</sup>                                    | 306,0 <sup>6a</sup>                                    |
| Durchschnittliche fixe Kosten (per Jato Kapazität)       | US-\$/to                |  |   |  |  |
| Forschung und Entwicklung                                |                         | .  | .   | .  | .  |
| Prospektion und Exploration                              |                         | 6,0  | 6,0   | 4,8  | 4,8  |
| Bergbau  |                         | 70,0   | 70,0  | 56,1   | 56,1   |
| Transport  |                         | 15,0   | 15,0  | 12,0   | 12,0   |
| Aufbereitung, Verhüttung                                 |                         | 70,0   | 100,0   | 56,1   | 80,1   |
| Insgesamt  |                         | 161,0  | 191,0   | 129,0  | 153,0  |
| Variable Kosten (p.a.)                                   | Mio. US-\$              |  |   |  |  |
| Bergbau  |                         | 4,25   | 4,25  | 7,40   | 7,40   |
| Transport  |                         | 3,00   | 3,00  | 5,22   | 5,22   |
| Aufbereitung, Verhüttung                                 |                         | 15,00  | 30,00   | 62,12  | 52,24  |
| Insgesamt  |                         | 29,25 <sup>6</sup>   | 44,25 <sup>6</sup>                                    | 50,94 <sup>6</sup>                                     | 77,06 <sup>6</sup>                                     |
| Durchschnittliche Variable Kosten (per to Manganknollen) | US-\$/to                |  |   |  |  |
| Bergbau  |                         | 4,25 <sup>5</sup>  | 4,25 <sup>5</sup>                                     | 3,70   | 3,70   |
| Transport  |                         | 3,00   | 3,00  | 2,61   | 2,61   |
| Aufbereitung, Verhüttung                                 |                         | 15,00  | 30,00   | 13,06  | 26,12  |
| Insgesamt  |                         | 29,25 <sup>6</sup>   | 44,25 <sup>6</sup>                                    | 25,47 <sup>6,6b</sup>                                  | 38,53 <sup>6,6b</sup>                                  |
| Metallgehalt in den Manganknollen                        | wt                      |  |   |  |  |
| Mangan   |                         |  |   |  |  |
| Nickel   |                         |  |   |  |  |
| Kobalt   |                         |  |   |  |  |
| Kupfer   |                         |  |   |  |  |
| Eisen  |                         |  |   |  |  |
| Molybdän   |                         |  |   |  |  |

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungsjahr |                 | Drechsler, H.<br>A Study in Industrial Organization:<br>The Potential Seabed Mining Industry<br>1972 |                     |                     |                     |
|---|-----------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|
|   |                 | Fall A <sup>1</sup>  | Fall B <sup>1</sup> | Fall C <sup>1</sup> | Fall D <sup>1</sup> |
| Ausbringungsgrad                              | Dimension<br>vH |  |                     |                     |                     |
| Mangan  |                 |  |                     |                     |                     |
| Nickel  |                 |  |                     |                     |                     |
| Kobalt  |                 |  |                     |                     |                     |
| Kupfer  |                 |  |                     |                     |                     |
| Eisen   |                 |  |                     |                     |                     |
| Molybdän                                      |                 |  |                     |                     |                     |
| Jährliche Ausbringung                         | to              |  |                     |                     |                     |
| Mangan  |                 | -  | 260 000             | -                   | 520 000             |
| Nickel  |                 | 12 000   | 12 000              | 24 000              | 24 000              |
| Kobalt  |                 | 2 400  | 2 400               | 4 800               | 4 800               |
| Kupfer  |                 | 10 000   | 10 000              | 20 000              | 20 000              |
| Eisen   |                 |  |                     |                     |                     |
| Molybdän                                      |                 |  |                     |                     |                     |
| Fußnoten                                      |                 |  |                     |                     |                     |

1 In der Kostenrechnung für fixe und variable Kosten untersucht Drechsler folgende 4 Fälle:

| Fall | Jahreskapazität<br>(Mio. tato Manganknollen) | Aufbereitungsverfahren |
|------|--|------------------------|
| A    | 1,0  | 3-Metalle              |
| B    | 1,0  | 4-Metalle              |
| C    | 2,0  | 3-Metalle              |
| D    | 2,0  | 4-Metalle              |

Für jeden der 4 Fälle werden 3 Alternativen - eine wahrscheinliche und zwei weniger wahrscheinliche (optimistische bzw. pessimistische Annahmen) betrachtet. In der vorliegenden Tabelle wurden nur die Angaben zu der jeweils wahrscheinlichsten Alternative aufgenommen.

2 Kupfer-, Nickel-, Kobalt-Metall.

3 Mangan-Oxyd (MnO<sub>2</sub> mit 48 vH Mangan), Nickel-Kobalt-Sulfat, Cement-Kupfer.

4 Vgl. Drechsler, S. 73, Fußnote 2: "All cost and price estimates used in the economic calculations are in 1969-1970 money terms."

5 Einschließlich "washing and screening".

6 Einschließlich "overhead" 7 US-\$/to.

6<sup>a</sup>Zur Berechnung vgl. Drechsler, S. 84.

6<sup>b</sup>Zur Berechnung vgl. Drechsler, S. 83.

Quelle: Vgl. Autoren im Kopf der Tabelle. - Eigene Berechnungen.

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungs-<br>Jahr             |              | Leipziger, D. M. and Nudge, J. L.<br>Seabed Mineral Resources and the Economic<br>Interests of Developing Countries<br>1976                            |  | Moncrieff, A. and<br>Smale Adams, K.<br>The Economics of<br>First Generation<br>Manganese Nodule<br>Operations |  | Pearson, J. S.<br>Ocean Floor Mining   |   |
|--|--------------|--|--|--|--|--|---|
|  |              | Clauss, G.<br>Theoretical and<br>Experimental In-<br>vestigations Of<br>Deep Sea Ocean<br>Mining Systems<br>and their Economic<br>Implications<br>1972 | Kaufmann, R.,<br>Rothstein A.J.<br>(Deep Sea Ventures<br>Inc.)<br>The Approaching Ma-<br>turity of Deep Ocean<br>Mining - The Pace<br>Quickens<br>1973 | Dubs Marne<br>(Kennecott Copper<br>Corporation)<br>UN A/Conf. 62/25<br>1974                                    | 1974   | 1974   | 1975<br>Fall A <sup>1</sup>               |
| Durchschnittliche<br>Variable Kosten<br>(per to Manganknollen) | US-\$/<br>to | 6,74   | 26,00-33,00  | 8,00   |  | 11,03  | 0,33                                      |
| Bergbau  |              |  |  |  |  |  |   |
| Transport  |              | 4,86   |  | 4,00-9,00  |  | 4,41   | 4,41                                      |
| Aufbereitung,<br>Verhüttung                                    |              |  | 46,00-66,00  | 17,00-23,00  |  | 22,05  | 11,03                                     |
| Insgesamt  |              |  | 72,00-99,00  | 29,00-40,00  | 35,00  | 43,33 <sup>10</sup>  | 20,18 <sup>10</sup>                       |
| Metallgehalt in den<br>Manganknollen                           | vh           |  |  |  |  |  | 40,0 (Mn-Fe)                              |
| Mangan   |              |  |  |  | 1,3  |  | 1,6                                       |
| Nickel   |              |  |  |  | 0,2  |  | 0,2                                       |
| Kobalt   |              |  |  |  | 1,1  |  | 1,4                                       |
| Eisen  |              |  |  |  |  |  |   |
| Molybdän   |              |  |  |  |  |  |   |
| Ausbringungsgrad   | vh           |  |  |  |  |  |   |
| Mangan   |              |  |  |  |  |  |   |
| Nickel   |              |  |  |  | 90,00  | (process recovery efficiency<br>90 vh)   | (process recovery effi-<br>ciency" 70 vh) |
| Kobalt   |              |  |  |  | 55,00  |  |   |
| Kupfer   |              |  |  |  | 90,00  |  |   |
| Eisen  |              |  |  |  |  |  |   |
| Molybdän   |              |  |  |  |  |  |   |
| Jährliche Aus-<br>bringung                                     | te           |  |  |  |  |  |   |
| Mangan   |              |  |  |  |  | 326 500 (Mn-Fe)  | 254 000 (Mn-Fe)                           |
| Nickel   |              |  |  |  | 35 100   | 13 000   | 10 160                                    |
| Kobalt   |              |  |  |  | 3 300  | 1 600  | 1 270                                     |
| Kupfer   |              |  |  |  | 29 700   | 11 400   | 8 900                                     |
| Eisen  |              |  |  |  |  |  |   |
| Molybdän   |              |  |  |  |  |  |   |
| Bemerkungen  |              |  |  |  |  |  |   |
| Fußnoten   |              | <sup>1</sup> Zur Umrechnung<br>der DM-Angaben<br>wurde ein Wech-<br>selkurs von<br>3,189 DM/US-\$<br>in Ansatz ge-<br>bracht.                          | <sup>1</sup> Vergleiche<br>Leipziger, Nudge,<br>S. 158.  | <sup>1</sup> Datum der Ver-<br>öffentlichung<br>May, 1974.   | <sup>1</sup> Vgl. Moncrieff,<br>S. 12. "All costs<br>are expressed in<br>terms of mid-1974<br>dollar values<br>(except for pre-<br>1974, exploration<br>and R&D costs<br>which have not<br>been escalated."<br><sup>2</sup> Moncrieff nennt<br>jeweils 3 Fälle<br>(Low, Medium,<br>High). Hier und<br>bei den folgenden<br>Angaben wurden<br>jeweils nur die<br>Daten für den<br>Fall "Medium"<br>aufgenommen. | <sup>1</sup> Fall A "Hydraulic System".<br><sup>2</sup> Fall B "CLB-System" (Continuous Line Bucket).<br><sup>3</sup> Entsprechend 1 Mio. short tons.<br><sup>4</sup> Vorjahr der Veröffentlichung.<br><sup>5</sup> Der Transport erfolgt mit Charter-Schiffen, wobei die<br>Kosten bei den Betriebskosten berücksichtigt werden.<br><sup>6</sup> Einschl. Betriebskapital von 28,7 Mio. US-\$.<br><sup>7</sup> Einschl. Betriebskapital von 2,0 Mio. US-\$.<br><sup>8</sup> Einschl. 0,7 Mio. US-\$ für Exploration und 3,0 Mio. US-\$<br>"Sonstige Kosten".<br><sup>9</sup> Einschl. 0,7 Mio. US-\$ für Exploration und 2,0 Mio. US-\$<br>"Sonstige Kosten".<br><sup>10</sup> Einschl. Explorationskosten und sonstige Kosten.<br><sup>11</sup> Die Angaben für die Metallausbringung wurden aus den<br>Daten für den Metallgehalt und für die "recovery effi-<br>ciency" ermittelt. |   |

Quelle: Vgl. Autoren in Kopf der Tabelle. - Eigene Berechnungen.

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungs-<br>jahr |                          | Claus, G.<br>Theoretical and<br>Experimental In-<br>vestigations of<br>Deep Sea Ocean<br>Mining Systems<br>and their Economic<br>Implications<br>1972 | Leipsiger, D. M. and Nutgeo, J. L.<br>Seabed Mineral Resources and the Econ-<br>omic Interests of Developing Countries<br>1976                          |   | Moncrieff, A. and<br>Smale Adams, K.<br>The Economics of<br>First Generation<br>Manganese Nodule<br>Operations<br>1974 | Pearson, J. S.<br>Ocean Floor Mining<br>1975                           |   |
|--|--------------------------|---|---|---|--|--|---|
|  |                          |   | Kaufmann, R.,<br>Rothstein A.J.<br>(Deep Sea Ventures<br>Inc.)<br>The Approaching Ma-<br>turity of Deep Ocean<br>Mining - The Pace!<br>Quickens<br>1973 | Duba Herne<br>(Kennecott Copper<br>Corporation)<br>UN A/Conf. 62/25<br>1974 |  | Fall A <sup>1</sup>  | Fall B <sup>2</sup>   |
| Produktionskapazität (Manganknollen, trocken)      | Mio. Jato                | 1,3   | 1,0   | 3,0   | 3,0  | 0,907  | 0,907   |
| Betriebszeit, tägliche Förderung                   | Tagen/Jahr<br>Tonnen/Tag |   |   |   |  |  |   |
| Gewinnungsverfahren                                |                          | Hydraulic lifts <sup>a</sup>  |   |   |  | "Hydraulic"  | "CLB"   |
| Aufbereitungsverfahren                             |                          | 3-Metalle   |   |   | 3-Metalle  | "Differential Precipitation Process"<br>3-Metalle<br>1974 <sup>a</sup> | "Differential Leaching Process"<br>3-Metalle<br>1974 <sup>a</sup> |
| Preisbasis   | (Jahr)                   | 1972 <sup>1</sup>   | 1974 <sup>1</sup>   | 1974 <sup>1</sup>   | 1974 <sup>1</sup>  |  |   |
| Fixe Kosten  | (Mio. US-\$)             |   |   |   |  |  |   |
| Forschung und Entwicklung                          |                          |   |   |   | 80,0 <sup>2</sup>  | 1,0  | 0,1   |
| Prospektion und Exploration                        |                          |   |   |   |  | 0,3  | 0,3   |
| Bergbau  |                          | 33,6  |   |   |  | 30,0   | 2,0   |
| Transport  |                          | 26,3  |   |   | 300  | 3  | 3   |
| Aufbereitung, Verhüttung                           |                          |   |   |   |  | 75,0   | 10,0  |
| Insgesamt  |                          |   | 140,0 - 210,0   |   | 380 <sup>a</sup>   | 135,0 <sup>6</sup>   | 20,0 <sup>7</sup>   |
| Durchschnittliche fixe Kosten (per Jato Kapazität) | US-\$/to                 |   |   |   | *ohne "Commissioning von 30 Mio. US\$ und ohne "working capital" von 40 Mio. US \$.                                    |  |   |
| Forschung und Entwicklung                          |                          |   |   |   | 26,67  | 1,10   | 0,11  |
| Prospektion und Exploration                        |                          |   |   |   |  | 0,33   | 0,33  |
| Bergbau  |                          | 22,40   |   |   |  | 33,08  | 2,21  |
| Transport  |                          | 17,33   |   |   | 100,00   | -  | -   |
| Aufbereitung, Verhüttung                           |                          |   |   |   |  | 82,69  | 11,03   |
| Insgesamt  |                          |   | 140,00-210,00   |   | 126,67   | 148,84   | 22,05   |
| Variable Kosten (p.a.)                             | Mio. US-\$               |   |   |   |  |  |   |
| Bergbau  |                          | 10,1  | 26,0-33,0   | 24,0  |  | 10,0   | 0,3   |
| Transport  |                          | 7,3   |   | 12,0-27,0   |  | 4,0  | 4,0   |
| Aufbereitung, Verhüttung                           |                          |   | 46,0-66,0   | 51,0-69,0   |  | 20,0   | 10,0  |
| Insgesamt  |                          |   | 72,0-99,0   | 87,0-120,0  |  | 39,0 <sup>d</sup>  | 18,3 <sup>9</sup>   |

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor  |                     | Kennecott Copper Corporation: Comparative Economics of Recovery of Metals from Ocean Nodules <sup>1</sup> | Nyhardt, J.D.; Antrim, L.; Capstaff, A.E.; Kohler, A.D.; Leshaw, D.<br>A Cost Model of Deep Ocean Mining and Associated Regulatory Issues | Diederich, F.; Müller, W.; Schneider, W.<br>Analysis of the MIT-Study on Deep Ocean Mining - Critical Remarks on Technologies and Cost Estimates |
|--|---------------------|---|---|--|
| Titel der Studie   |                     |   |   |  |
| Erscheinungsjahr   |                     | 1976  | 1978  | 1979   |
| Jahreskapazität  | Dimension Mio. jato | 1,36  | "Baseline" Model<br>2,72  | 2,72   |
| Jahresbetriebszeit bzw. Jahresförderung                  | Tage/Jahr           |   | 300 Arbeitstage pro Jahr (Mineship)<br>300 Arbeitstage pro Jahr (Transport Vessel)  | 250 Arbeitstage pro Jahr (Mineship)<br>300 Arbeitstage pro Jahr (Transport Vessel)   |
| Gewinnungsverfahren                                      |                     |   |   |  |
| Aufbereitungsverfahren                                   |                     | "NH <sub>3</sub> -Leaching-Process"<br>3-Metalle  | 3-Metalle   | 3-Metalle  |
| Preisbasis   |                     | 1976  | 1976  | 1976 <sup>1</sup>  |
| Fixe Kosten  | Mio. US-\$          |   |   |  |
| Forschung u. Entwicklung                                 |                     | .   | 50,00   | 100,0  |
| Prospektion u. Exploration                               |                     | .   | 16,40   | 69,2   |
| Bergbau  |                     | .   | 96,00   | 189,2 <sup>2</sup>   |
| Transport  |                     | .   | 55,00   | 99,5   |
| Aufbereitung u. Verhüttung                               |                     | 250-300   | 342,00  | 510,0  |
| Insgesamt  |                     | .   | 559,40  | 967,9  |
| Durchschnittliche fixe Kosten (per jato Kapazität)       | US-\$/to            |   |   |  |
| Forschung und Entwicklung                                |                     |   | 18,38   | 36,76  |
| Prospektion u. Exploration                               |                     |   | 6,03  | 25,44  |
| Bergbau  |                     |   | 35,29   | 69,56  |
| Transport  |                     |   | 20,22   | 36,58  |
| Aufbereitung u. Verhüttung                               |                     | 183,82-257,35   | 125,74  | 187,50   |
| Insgesamt  |                     |   | 205,66  | 355,85   |
| Variable Kosten (p.a.)                                   | Mio. US-\$          |   |   |  |
| Bergbau  |                     | 70,0-120,0  | 21,1  | 58,8   |
| Transport  |                     |   | 14,9  | 22,9   |
| Aufbereitung u. Verhüttung                               |                     |   | 64,5  | 170,0  |
| Insgesamt  |                     |   | 100,5   | 251,7  |
| Durchschnittliche Variable Kosten (per to Manganknollen) | US-\$/to            |   |   |  |
| Bergbau  |                     | 51,47-88,24   | 7,77  | 21,62  |
| Transport  |                     |   | 5,48  | 8,42   |
| Aufbereitung u. Verhüttung                               |                     |   | 23,71   | 62,50  |
| Insgesamt  |                     |   | 36,95   | 92,54  |

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor                             |           | Kennecott Copper Corporation: Comparative Economics of Recovery of Metals from Ocean Nodules <sup>1</sup> | Nyhardt, J.D.; Antrim, L.; Capstaff, A.E.; Kohler, A.D.; Leshaw, D.<br>A Cost Model of Deep Ocean Mining and Associated Regulatory Issues  | Diederich, F.; Müller, W.; Schneider, W.<br>Analysis of the MIT-Study on Deep Ocean Mining - Critical Remarks on Technologies and Cost Estimates  |
|-----------------------------------|-----------|---|--|---|
| Titel der Studie                  |           |   |  |   |
| Erscheinungsjahr                  |           | 1976  | 1978   | 1979  |
|                                   | Dimension |   |  |   |
| Metallgehalt in den Manganknollen | vH        |   |  |   |
| Mangan                            |           |   | 26,90  |   |
| Nickel                            |           |   | 1,50   | 1,22 <sup>3</sup>   |
| Kobalt                            |           |   | 0,24   | 0,17  |
| Kupfer                            |           |   | 1,30   | 0,99  |
| Eisen                             |           |   |  |   |
| Molybdän                          |           |   |  |   |
| Ausbringungsgrad                  | vH        |   |  |   |
| Mangan                            |           |   | 0  |   |
| Nickel                            |           |   | 95   | 82 <sup>3</sup>   |
| Kobalt                            |           |   | 60   | 88  |
| Kupfer                            |           |   | 95   | 55  |
| Eisen                             |           |   |  |   |
| Molybdän                          |           |   |  |   |
| Jährliche Ausbringung             | to/Jahr   |   |  |   |
| Mangan                            |           |   | -  |   |
| Nickel                            |           | 17 687  | 38 776   |   |
| Kobalt                            |           | 2 721   | 3 918  |   |
| Kupfer                            |           | 14 966  | 33 605   |   |
| Eisen                             |           | -   |  |   |
| Molybdän                          |           |   |  |   |
| Bemerkungen                       |           |   | Surface abundance of Nodules on Seafloor = 13,2 kg/m <sup>2</sup> (wet) = 2 lb/ft <sup>2</sup> (dry nodules = 2,7 lb/ft <sup>2</sup> wet nodules).<br>Collector Efficiency 0,65, (S. 69). Sweep efficiency 0,50. | Surface abundance of Nodules on Seafloor = 1,5 lb/ft <sup>2</sup> (dry) = 10 kg/m <sup>2</sup> (wet).<br>Collector efficiency 0,75.   |
| Fußnoten                          |           | <sup>1</sup> Die Daten wurden entnommen aus Diederich F. u.a., Analysis of the MIT-Study..., S. 82.       | <sup>1</sup> Fixed and Misc. operating costs.  | <sup>1</sup> "The actual values (as at the end of 1978) were divided by the factor 1,15 according to the CE-Plant Cost Index" Vgl. S. 89.<br><sup>2</sup> 2 Mineships (MIT-Base-Study 1 Mineship).<br><sup>3</sup> Vgl. S. 87 "Least Favorable Case". |

Quelle: Vgl. Autoren im Kopf der Tabelle. - Eigene Berechnungen.



noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungsjahr |           | Arthur D. Little<br>Technological and Economic Assessment of Manganese Nodule Mining and Processing<br>1977  |                |               | AMR<br>Summary of Project Data<br>for a 3 Mio.DMT Nodule<br>per Year Project<br>1979 |
|---|-----------|--|----------------|---------------|--|
|   |           | "Kennecott<br>Project"   | "INCO-Project" | "OMA-Project" |  |
|   | Dimension |  |                |               |  |
| Metallgehalt in den<br>Manganknollen          | vH        |  |                |               |  |
| Mangan  |           |  |                |               | 25,50  |
| Nickel  |           |  |                |               | 1,33   |
| Kobalt  |           |  |                |               | 0,22   |
| Kupfer  |           |  |                |               | 1,09   |
| Eisen   |           |  |                |               | 8,40   |
| Ausbringungsgrad                              | vH        |  |                |               |  |
| Mangan  |           | -  | 80             | 90            | 87   |
| Nickel  |           | 95   | 90             | 90            | 88   |
| Kobalt  |           | 55   | 70             | 90            | 76   |
| Kupfer  |           | 95   | 90             | 90            | 90   |
| Eisen   |           | -  | -              | -             |  |
| Molybdän                                      |           | 55   | 70             | 90            |  |
| Jährliche Ausbringung                         | to/Jahr   |  |                |               |  |
| Mangan  |           |  | 609 524        | 228 571       | 221 900-665 660  |
| Nickel  |           | 34 286   | 34 286         | 11 429        | 35 100   |
| Kobalt  |           | 2 993  | 3 810          | 1 633         | 5 000  |
| Kupfer  |           | 31 020   | 29 388         | 9 796         | 29 400   |
| Eisen   |           |  |                |               |  |
| Molybdän                                      |           | 898  | 1 143          | 490           |  |
| Bemerkungen                                   |           |  |                |               |  |
| Fußnoten                                      |           | 1 Mining Ships +<br>Transportation<br>+ Pipe Strings,<br>Dredges, Pumps<br>etc.<br>2 Land, Build-<br>ings, Equip-<br>ment<br>3 Mining Ships,<br>Pipe strings,<br>Pumps, Dredge<br>heads.<br>4 Transportation<br>ship, (leased),<br>Unloading +<br>overland trans-<br>port, Taxes<br>and insurance. |                |               |  |

Quelle: Vgl. Autoren im Kopf der Tabelle. - Eigene Berechnungen.

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungsjahr                    |                        | Arthur D. Little<br>Technological and Economic Assessment of Manganese Nodule Mining and Processing<br>1977 |  |   | AMR<br>Summary of Project Data<br>for a 3 Mio. DMT Nodule<br>per Year Project<br>1979          |
|--|------------------------|---|--|---|--|
|  |                        | "Kennecott<br>Project"  | "INCO-Project"   | "OMA-Project"   |  |
| Jahreskapazität  | Dimension<br>Mio. Jato | 2,72  | 2,72   | 0,91  | 3,0  |
| Jahresbetriebszeit bzw.<br>Jahresförderung                       | Tage/Jahr              |   |  |   |  |
| Gewinnungsverfahren  |                        | "Hydraulic<br>mining  | "Hydraulic<br>mining   | "Hydraulic<br>mining  | "Hydraulic"  |
| Aufbereitungsverfahren   |                        | "Ammonia leach<br>process"<br>4-Metalle   | "Pyrometallurgi-<br>cal process"<br>5-Metalle  | "Hydrochloric<br>Acid Leach"<br>5-Metalle   | Smelt/Leach<br>4-Metalle   |
| Preisbasis   |                        | 1976  | 1976   | 1976  | 1978   |
| Fixe Kosten  |                        |   |  |   |  |
| Forschung u. Entwicklung   | Mio. US-\$             | 45,0  | 45,0   | 40,0  | .  |
| Prospektion u. Exploration                                       | Mio. US-\$             |   |  |   |  |
| Bergbau  | Mio. US-\$             | 98,0 <sup>1</sup>   | 145,4 <sup>1</sup>   | 73,2 <sup>1</sup>   | 160  |
| Transport  | Mio. US-\$             |   |  |   | 17   |
| Aufbereitung u. Verhüttung                                       | Mio. US-\$             | 331,0 <sup>2</sup>  | 453,0 <sup>2</sup>   | 253,0 <sup>2</sup>  | 617 (einschl. Mn)  |
| Insgesamt  | Mio. US-\$             | 474,0   | 643,4  | 366,2   | 959 (einschl. 165<br>Mio. US-\$ Auxiliaries<br>infrastructure, Land)                           |
| Durchschnittliche fixe<br>Kosten (per Jato Kapazität)            | US-\$/to               |   |  |   | 1313 (einschl.<br>"working capital" 76<br>Mio. US-\$, "indirect<br>investment" 278 Mio. US-\$) |
| Forschung u. Entwicklung   |                        | 16,5 <sup>4</sup>   | 16,5 <sup>4</sup>  | 43,96   | .  |
| Prospektion u. Exploration                                       |                        |   |  |   | .  |
| Bergbau  |                        | 36,03   | 53,46  | 80,44   | 53,33  |
| Transport  |                        |   |  |   | 5,67   |
| Aufbereitung u. Verhüttung                                       |                        | 121,69  | 166,5 <sup>4</sup>   | 278,02  | 205,67   |
| Insgesamt  |                        | 174,26  | 236,5 <sup>4</sup>   | 402,42  | 319,67   |
| Variable Kosten (p.a.)   | Mio. US-\$             |   |  |   |  |
| Bergbau  |                        | 17,0 <sup>3</sup>   | 23,4   | 12,2  | 42   |
| Transport  |                        | 31,5 <sup>4</sup>   | 34,5   | 15,7  | 30   |
| Aufbereitung u. Verhüttung                                       |                        | 95,0  | 104,0  | 85,0  | 142  |
| Insgesamt  |                        | 153,0 <sup>n</sup>  | 174,9 <sup>a</sup>   | 123,7 <sup>a</sup>  | 262-334 <sup>a</sup>   |
|  |                        | <sup>a</sup> einschl. "Sales-<br>General- and<br>Administration<br>Costs" 9,5 Mio.<br>US-\$.                | <sup>a</sup> einschl. "Sales-<br>General- and<br>Administration<br>Cost" 13 Mio.<br>US-\$. | <sup>a</sup> einschl.<br>"Sales-,<br>General- and<br>Administration<br>Costs" 10,8<br>Mio. US-\$. | <sup>a</sup> einschl. 48-120 Mio.<br>US-\$/Jahr ("Manganese<br>Smelting").                     |
| Durchschnittliche variable<br>Kosten (per to Manganknol-<br>len) | US-\$/to               |   |  |   |  |
| Bergbau  |                        | 6,25  | 8,60   | 13,41   | 14,00  |
| Transport  |                        | 11,58   | 12,68  | 17,25   | 10,00  |
| Aufbereitung u. Verhüttung                                       |                        | 34,93   | 38,24  | 93,41   | 47,33  |
| Insgesamt  |                        | 56,25   | 64,30  | 125,93  | 87,33-111,43   |

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungsjahr                      |                        | Arthur D. Little Inc.<br>Technological and Economic Assessment of Manganese Nodule<br>Mining and Processing. November 1979 |                                 |                                |
|--|------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|
|  |                        | Ammonia Leach without<br>Manganese   | Ammonia Leach with<br>Manganese | Pyrometallurgical              |
| Jahreskapazität  | Dimension<br>Mio. jato | 2,72   | 2,72                            | 2,72                           |
| Jahresbetriebszeit<br>bzw. Jahresförderung                         | Tage/Jahr              | .  | .                               | .                              |
| Gewinnungsverfahren  |                        | .  | .                               | .                              |
| Aufbereitungsverfahren   |                        | Ammonia Leach<br>4-Metalle   | Ammonia Leach<br>5-Metalle      | Pyrometallurgical<br>5-Metalle |
| Preisbasis   |                        | 1978   | 1978                            | 1978                           |
| Fixe Kosten  | Mio US \$              |  |                                 |                                |
| Forschung u. Entwicklung   |                        | .  | .                               | .                              |
| Prospektion u. Exploration   |                        | .  | .                               | .                              |
| Bergbau  |                        | 213,2 <sup>1</sup>   | 213,2 <sup>1</sup>              | 213,2 <sup>1</sup>             |
| Transport  |                        |  |                                 |                                |
| Aufbereitung u. Verhüttung<br>Ni, Cu, Co, FeMn, SiMn               |                        | 421 <sup>2</sup>   | 686 <sup>2</sup>                | 563 <sup>2</sup>               |
| Insgesamt  |                        | 634  | 899                             | 776                            |
| Durchschnittliche fixe Ko-<br>sten (per jato Kapazität)            | US \$/to               |  |                                 |                                |
| Forschung u. Entwicklung   |                        | .  | .                               | .                              |
| Prospektion u. Exploration   |                        | .  | .                               | .                              |
| Bergbau  |                        | 78,38  | 78,38                           | 78,38                          |
| Transport  |                        |  |                                 |                                |
| Aufbereitung u. Verhüttung<br>Ni, Cu, Co, FeMn, SiMn               |                        | 154,78   | 252,21                          | 206,99                         |
| Insgesamt  |                        | 233,16   | 330,59                          | 285,37                         |
| Variable Kosten (p. a.)  | Mio US \$              |  |                                 |                                |
| Bergbau  |                        | 83   | 83                              | 83                             |
| Transport  |                        |  |                                 |                                |
| Aufbereitung u. Verhüttung   |                        | 138  | 237                             | 159                            |
| Insgesamt  |                        | 221  | 320                             | 242                            |
| Durchschnittliche vari-<br>able Kosten (per to Man-<br>ganknollen) | US \$/to               |  |                                 |                                |
| Bergbau  |                        | 30,51  | 30,51                           | 30,51                          |
| Transport  |                        |  |                                 |                                |
| Aufbereitung u. Verhüttung   |                        | 50,74  | 87,13                           | 58,46                          |
| Insgesamt  |                        | 81,25  | 117,64                          | 88,97                          |
| Metallgehalt in den<br>Manganknollen                               | vH                     |  |                                 |                                |
| Mangan   |                        | 28,00  | 28,00                           | 28,00                          |
| Nickel   |                        | 1,40   | 1,40                            | 1,40                           |
| Kobalt   |                        | 0,20   | 0,20                            | 0,20                           |
| Kupfer   |                        | 1,20   | 1,20                            | 1,20                           |
| Eisen  |                        | -  | -                               | -                              |
| Molybdän   |                        | 0,06   | 0,06                            | 0,06                           |

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungsjahr  |                 | Arthur D. Little Inc.<br>Technological and Economic Assessment of Manganese Nodule<br>Mining and Processing. November 1979 |                                 |                   |
|--|-----------------|--|---------------------------------|-------------------|
|  |                 | Ammonia Leach without<br>Manganese   | Ammonia Leach with<br>Manganese | Pyrometallurgical |
| Ausbringungsgrad   | Dimension<br>vH |  |                                 |                   |
| Mangan   |                 | -  | 90                              | 90                |
| Nickel   |                 | 90   | 97                              | 90                |
| Kobalt   |                 | 50   | 70                              | 70                |
| Kupfer   |                 | 90   | 97                              | 90                |
| Eisen  |                 | -  | -                               | -                 |
| Molybdän   |                 | 50   | 70                              | -                 |
| Jährliche Ausbringung  | to/Jahr         |  |                                 |                   |
| Mangan   |                 | 0  | 685 839                         | 685 839           |
| Nickel   |                 | 34 292   | 36 959                          | 34 292            |
| Kobalt   |                 | 2 722  | 3 810                           | 3 810             |
| Kupfer   |                 | 29 393   | 31 679                          | 29 393            |
| Eisen  |                 | -  | -                               | -                 |
| Molybdän   |                 | 816  | 1 143                           | 1 143             |
| Bemerkungen: "Costs exclude depreciation, start up and training costs" (page 113).<br>Zu den Annahmen vgl. S. 113.<br>Zu den Einzelkosten vgl. Tabelle 26, S. 114. |                 |  |                                 |                   |
| Fußnoten: 1 Mining Ships and Transportation, Pipe String, Dredges, Pumps etc. -<br>2 Land, Buildings and Equipment   |                 |  |                                 |                   |

Quelle: Vgl. Autoren im Kopf der Tabelle. - Eigene Berechnungen

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungsjahr               |            | Black, John Roland Howard (I)<br>The Recovery of Metals from Deepsea Manganese Nodules and the Effects<br>on the World Cobalt and Manganese Markets<br>1980 |   |   |   |
|---|------------|---|---|---|---|
|   |            | INCO  | Cuprion                                     | Sulfuric Acid   | Hydrochloric Acid                                 |
|   | Dimension  |   |   |   |   |
| Jahreskapazität   | Mio. Jato  | 3,0   | 3,0   | 3,0   | 3,0   |
| Jahresbetriebszeit bzw.<br>Jahresförderung                  | Tage/Jahr  | 330 Tage à<br>24 Stunden  | 330 Tage à<br>24 Stunden                    | 330 Tage à<br>24 Stunden  | 330 Tage à<br>24 Stunden                          |
| Gewinnungsverfahren   |            |   |   |   |   |
| Aufbereitungsverfahren                                      |            | "INCO-Smelting<br>Process"<br>4-Metalle   | "Kennecott<br>Cuprion Process"<br>4-Metalle | "High Temperature<br>Sulfuric Acid<br>Leach Process"<br>4-Metalle | "Hydrochloric Acid<br>Leach Process"<br>4-Metalle |
| Preisbasis  |            | 1979  | 1979  | 1979  | 1979  |
| Fixe Kosten   | Mio. US/\$ |   |   |   |   |
| Forschung u. Entwicklung                                    |            | 100,0   | 100,0                                       | 100,0   | 100,0   |
| Prospektion u. Exploration                                  |            | 19,9  | 19,9  | 19,9  | 19,9  |
| Bergbau   |            | 120,8 + (9,7) <sup>a</sup>  | 120,8 + (9,7) <sup>a</sup>                  | 120,8 + (9,7) <sup>a</sup>  | 120,8 + (9,7) <sup>a</sup>                        |
| Transport   |            | 65,5  | 65,5  | 65,5  | 65,5  |
| Aufbereitung u. Verhüttung<br>Ni, Cu, Co<br>FeMn, SiMn      |            | 711,3 + (50,0) <sup>b</sup><br>442,1  | 510,4<br>547,0                              | 665,2<br>547,0  | 1355,5 <sup>d</sup>                               |
| Insgesamt   |            | 1459,6 + (183,9) <sup>c</sup>   | 1363,6 + (169,8) <sup>c</sup>               | 1518,4 + (193,2) <sup>c</sup>                                     | 1661,7 + (213,0) <sup>c</sup>                     |
|   |            | <sup>a</sup> Mining working<br><sup>b</sup> capital.<br>Extra Pollution<br>Control.<br><sup>c</sup> Total Project<br>Working Capital                        |   |   | <sup>d</sup> Cu, Co, Ni, Electro-<br>lytic. Mn.   |
| Durchschnittliche fixe<br>Kosten<br>(per Jato Kapazität)    | US-\$/to   |   |   |   |   |
| Forschung u. Entwicklung                                    |            | 33,33   | 33,33                                       | 33,33   | 33,33   |
| Prospektion u. Exploration                                  |            | 6,63  | 6,63  | 6,63  | 6,63  |
| Bergbau   |            | 40,27   | 40,27                                       | 40,27   | 40,27   |
| Transport   |            | 21,83   | 21,83                                       | 21,83   | 21,83   |
| Aufbereitung u. Verhüttung<br>Ni, Cu, Co<br>FeMn, SiMn      |            | 237,10<br>147,37  | 170,13<br>182,33                            | 221,73<br>182,33  | 451,83  |
| Insgesamt   |            | 486,53  | 454,53                                      | 506,13  | 553,90  |
| Variable Kosten<br>(p.a.)                                   | Mio. US/\$ |   |   |   |   |
| Bergbau   |            | 25,2  | 25,2  | 25,2  | 25,2  |
| Transport   |            | 15,9  | 15,9  | 15,9  | 15,9  |
| Aufbereitung u. Verhüttung                                  |            | 199,6 <sup>a</sup><br>188,8 <sup>b</sup>  | 144,7 <sup>a</sup><br>224,7 <sup>b</sup>    | 164,5 <sup>a</sup><br>224,7 <sup>b</sup>                          | --<br>290,2                                       |
| Insgesamt   |            | 429,5   | 410,5                                       | 430,3   | 331,3   |
|   |            | <sup>a</sup> Ni, Cu, Co.<br><sup>b</sup> Mn-Recovery.   |   |   |   |
| Durchschnittliche variable<br>Kosten(per /to Manganknollen) | US-\$/to   |   |   |   |   |
| Bergbau   |            | 8,40  | 8,40  | 8,40  | 8,40  |
| Transport   |            | 5,30  | 5,30  | 5,30  | 5,30  |
| Aufbereitung u. Verhüttung                                  |            | 66,53<br>62,93  | 48,23<br>74,90                              | 54,83<br>74,90  | --<br>96,73                                       |
| Insgesamt   |            | 143,17  | 136,83                                      | 143,43  | 110,43  |

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor                             |           | Black, John Roland Howard (I)   |         |               |                           |
|-----------------------------------|-----------|---|---------|---------------|---------------------------|
| Titel der Studie                  |           | The Recovery of Metals from Deepsea Manganese Nodules and the Effects on the World Cobalt and Manganese Markets                                   |         |               |                           |
| Erscheinungsjahr                  |           | 1980  |         |               |                           |
|                                   |           | INCO  | Cuprion | Sulfuric Acid | Hydrochloric Acid         |
|                                   | Dimension |   |         |               |                           |
| Metallgehalt in den Manganknollen | vH        |   |         |               |                           |
| Mangan                            |           | 25,00   | 25,00   | 25,00         | 25,00                     |
| Nickel                            |           | 1,30  | 1,30    | 1,30          | 1,30                      |
| Kobalt                            |           | 0,25  | 0,25    | 0,25          | 0,25                      |
| Kupfer                            |           | 1,25  | 1,25    | 1,25          | 1,25                      |
| Eisen                             |           |   |         |               |                           |
| Molybdän                          |           |   |         |               |                           |
| Ausbringungsgrad                  | vH        |   |         |               |                           |
| Mangan                            |           | 75  | 75      | 75            | 87                        |
| Nickel                            |           | 85  | 85      | 85            | 85                        |
| Kobalt                            |           | 50  | 50      | 50            | 50                        |
| Kupfer                            |           | 85  | 85      | 85            | 85                        |
| Eisen                             |           |   |         |               |                           |
| Molybdän                          |           |   |         |               |                           |
| Jährliche Ausbringung             | to/Jahr   |   |         |               |                           |
| Mangan                            |           | 180 000 (SiMn)<br>535 000 (FeMn)  | 590 000 | 590 000       | 590 000 (Electrolytic.Mn) |
| Nickel                            |           | 36 000  | 36 300  | 35 000        | 40.000 - 44 000           |
| Kobalt                            |           | 4 500   | 4 500   | 4 300         | 4 300                     |
| Kupfer                            |           | 31 500  | 32 300  | 32 300        | 31 000                    |
| Eisen                             |           |   |         |               |                           |
| Molybdän                          |           |   | 1 000   |               |                           |
| Bemerkungen                       |           | "Costs exclude depreciation, start up and training costs" (page 113).<br>Zu den Annahmen vgl. S. 113.<br>Zu Einzelkosten vgl. Tabelle 26, S. 114. |         |               |                           |
| Fußnoten                          |           |   |         |               |                           |

Quelle: Vgl. Autoren im Kopf der Tabelle. - Eigene Berechnungen.

noch Tabelle A2 - Kostenstudien über den Tiefseebergbau (Förderung und Verhüttung von Manganknollen)

| Autor<br>Titel der Studie<br>Erscheinungsjahr            |                        | Black, John Roland Howard (II)<br>The Recovery of Metals from Deepsea Manganese Nodules and the Effects on the World Cobalt and Manganese Markets<br>1980 |  |   |  |
|--|------------------------|---|--|---|--|
|  |                        | INCO  | Cuprion                                  | Sulfuric Acid   | Hydrochloric Acid                              |
| Jahreskapazität  | Dimension<br>Mio. Jato | 1,0   | 1,0                                      | 1,0   | 1,0  |
| Jahresbetriebszeit bzw. Jahresförderung                  |                        | 330 Tage à 24 Stunden   | 330 Tage à 24 Stunden                    | 330 Tage à 24 Stunden                                       | 330 Tage à 24 Stunden                          |
| Gewinnungsverfahren                                      |                        |   |  |   |  |
| Aufbereitungsverfahren                                   |                        | "INCO Smelting Progress"<br>4-Metalle   | "Kennecott Cuprion Process"<br>4-Metalle | "High Temperature Sulfuric Acid Leach Process"<br>4-Metalle | "Hydrochloric Acid Leach Process"<br>4-Metalle |
| Preisbasis   |                        | 1979  | 1979                                     | 1979  | 1979   |
| Fixe Kosten  | Mio. US-\$             |   |  |   |  |
| Forschung u. Entwicklung                                 |                        | 100,0   | 100,0                                    | 100,0   | 100,0  |
| Prospektion u. Exploration                               |                        | 9,9   | 9,9                                      | 9,9   | 9,9  |
| Bergbau  |                        | 73,5  | 73,5                                     | 73,5  | 73,5   |
| Transport  |                        | 30,1  | 30,1                                     | 30,1  | 30,1   |
| Aufbereitung u. Verhüttung                               |                        | 583,2   | 532,1                                    | 614,9   | 554,6 <sup>d</sup>                             |
| Insgesamt  |                        | 796,7 + (92,6) <sup>c</sup>   | 745,6 + (87,2) <sup>c</sup>              | 828,4 + (99,7) <sup>c</sup>                                 | 768,1 + (89,2) <sup>d</sup>                    |
|  |                        | <sup>c</sup> Total Project Working Capital.   |  |   | <sup>d</sup> Cu, Co, Ni, Electrolytic.Mn.      |
| Durchschnittliche fixe Kosten (per Jato Kapazität)       | US-\$/to               |   |  |   |  |
| Forschung u. Entwicklung                                 |                        | 100,0   | 100,0                                    | 100,0   | 100,0  |
| Prospektion u. Exploration                               |                        | 9,9   | 9,9                                      | 9,9   | 9,9  |
| Bergbau  |                        | 73,5  | 73,5                                     | 73,5  | 73,5   |
| Transport  |                        | 30,1  | 30,1                                     | 30,1  | 30,1   |
| Aufbereitung u. Verhüttung                               |                        | 583,2   | 532,1                                    | 614,9   | 554,6  |
| Insgesamt  |                        | 796,7   | 745,6                                    | 828,4   | 768,1  |
| Variable Kosten (p.a.)                                   | Mio. US-\$             |   |  |   |  |
| Bergbau  |                        | 18,0  | 18,0                                     | 18,0  | 18,0   |
| Transport  |                        | 8,6   | 8,6                                      | 8,6   | 8,6  |
| Aufbereitung u. Verhüttung                               |                        | --  | --                                       | --  | --   |
| Insgesamt  |                        | 197,9   | 176,6                                    | 185,1   | 128,6  |
|  |                        | 224,5   | 203,2                                    | 211,7   | 155,2  |
| Durchschnittliche variable Kosten (per to Manganknollen) | US-\$/to               |   |  |   |  |
| Bergbau  |                        | 18,00   | 18,00                                    | 18,00   | 18,00  |
| Transport  |                        | 8,60  | 8,60                                     | 8,60  | 8,60   |
| Aufbereitung u. Verhüttung                               |                        | --  | --                                       | --  | --   |
| Insgesamt  |                        | 224,50  | 203,20                                   | 211,70  | 155,20   |

Quelle: Vgl. Autoren im Kopf der Tabelle.- Eigene Berechnungen.

Tabelle A3 - Metallproduktion im Tiefseebergbau (Schätzwerte)

| Kostenstudie |  | Produktionskapazität in Millionen Tonnen (dmt) Manganknollen pro Jahr | Metalloutput in Tonnen pro Jahr (Nickeläquivalent in Tonnen pro Jahr) |                  |                   |  |                 | Nickel-äquivalent insgesamt |
|--------------|--|---|---|------------------|-------------------|--|-----------------|-----------------------------|
| Lfd. Nr.     | Autor(en)  |   | Nickel  | Kobalt           | Kupfer            | Mangan (oder manganhaltige Verbindung) | Molybdän        |                             |
| 1            | Sorenson P. E.,<br>Mead W. J.<br><br>Drechsler H.    | 1,80  | 17100   | 5760<br>( 11520) | 1908<br>( 636)    | 585000<br>( 36563)                     | -               | ( 65819)                    |
| 2            | Fall A   | 1,00  | 12000   | 2400<br>( 4800)  | 10000<br>( 3333)  | -                                      | -               | ( 20133)                    |
| 3            | Fall B   | 1,00  | 12000   | 2400<br>( 4800)  | 10000<br>( 3333)  | 260000<br>( 16250)                     | -               | ( 36383)                    |
| 4            | Fall C   | 2,00  | 24000   | 4800<br>( 9600)  | 20000<br>( 6667)  | -                                      | -               | ( 40267)                    |
| 5            | Fall D   | 2,00  | 24000   | 4800<br>( 9600)  | 20000<br>( 6667)  | 520000<br>( 32500)                     | -               | ( 72767)                    |
| 6            | Moncrieff A.,<br>Smale Adams K.<br><br>Pearson J. S. | 3,00  | 35100   | 3300<br>( 6600)  | 29700<br>( 9900)  | -                                      | -               | ( 51600)                    |
| 7            | Fall A   | 0,91  | 13000   | 1600<br>( 3200)  | 11400<br>( 3800)  | 326500<br>( 20406)                     | -               | ( 40406)                    |
| 8            | Fall B<br><br>Arthur D. Little                       | 0,91  | 10160   | 1270<br>( 2540)  | 8900<br>( 2967)   | 254000<br>( 15875)                     | -               | ( 31542)                    |
| 9            | Kennecott-<br>Project                                | 2,72  | 34286   | 2993<br>( 5986)  | 31020<br>( 10340) | -                                      | 898<br>( 1078)  | ( 51690)                    |
| 10           | INCO-Project   | 2,72  | 34286   | 3810<br>( 7620)  | 29388<br>( 9796)  | 609524<br>( 12698)                     | 1143<br>( 1371) | ( 65771)                    |
| 11           | OMA-Project  | 0,91  | 11429   | 1633<br>( 3266)  | 9796<br>( 3265)   | 228571<br>( 32653)                     | 490<br>( 588)   | ( 51201)                    |
| 12           | Nyhart J. D. u. a.                                   | 2,72  | 38776   | 3918<br>( 7836)  | 33605<br>( 11202) | -                                      | -               | ( 57814)                    |
| 13           | Diederich F. u. a.<br><br>AMR                        | 2,72  | 38776   | 3918<br>( 7836)  | 33605<br>( 11202) | -                                      | -               | ( 57814)                    |
| 14           | Fall A   | 3,00  | 35100   | 5000<br>( 10000) | 29400<br>( 9800)  | 221900<br>( 13869)                     | -               | ( 68769)                    |
| 15           | Fall B   | 3,00  | 35100   | 5000<br>( 10000) | 29400<br>( 9800)  | 665600<br>( 41600)                     | -               | ( 96500)                    |
| 16           | Fall C   | 3,00  | 35100   | 5000<br>( 10000) | 29400<br>( 9800)  | -                                      | -               | ( 54900)                    |



| Kostenstudie     |                                  | Produktionskapazität in Millionen Tonnen (dmt) Manganknollen pro Jahr | Metalloutput in Tonnen pro Jahr<br>(Nickeläquivalent in Tonnen pro Jahr) |                 |                   |  |                 | Nickel-äquivalent insgesamt |
|------------------|----------------------------------|---|--|-----------------|-------------------|--|-----------------|-----------------------------|
| Lfd. Nr.         | Autor(en)                        |   | Nickel   | Kobalt          | Kupfer            | Mangan (oder manganhaltige Verbindung) | Molybdän        |                             |
| Arthur D. Little |                                  |   |  |                 |                   |  |                 |                             |
| 17               | "Ammonia Leach"<br>(ohne Mangan) | 2,72  | 34292  | 2722<br>( 5444) | 29393<br>( 9798)  | 685839<br>( 16728)                     | 816<br>( 979)   | ( 50513)                    |
| 18               | "Ammonia Leach"<br>(mit Mangan)  | 2,72  | 36959  | 3810<br>( 7620) | 31679<br>( 10560) |  | 1143<br>( 1372) | ( 73239)                    |
| 19               | "Pyrometallurgical"              | 2,72  | 34292  | 3810<br>( 7620) | 29393<br>( 9798)  | 685839<br>( 14288)                     | 1143<br>( 1372) | ( 67370)                    |
| Black J. R. H.   |                                  |   |  |                 |                   |  |                 |                             |
| 20               | INCO<br>(mit Mangan)             | 3,00  | 36000  | 4500<br>( 9000) | 31500<br>( 10500) | 715000<br>( 42009)                     | -               | ( 97509)                    |
| 21               | INCO<br>(ohne Mangan)            | 3,00  | 36000  | 4500<br>( 9000) | 31500<br>( 10500) | -                                      | -               | ( 55500)                    |
| 22               | CUPRION<br>(mit Mangan)          | 3,00  | 36300  | 4500<br>( 9000) | 32300<br>( 10767) | 590000<br>( 36875)                     | 1000<br>( 1200) | ( 94142)                    |
| 23               | CUPRION<br>(ohne Mangan)         | 3,00  | 36300  | 4500<br>( 9000) | 32300<br>( 10767) | -                                      | 1000<br>( 1200) | ( 57267)                    |
| 24               | Sulfuric Acid<br>(mit Mangan)    | 3,00  | 35000  | 4300<br>( 8600) | 32300<br>( 10767) | 590000<br>( 36875)                     | -               | ( 91242)                    |
| 25               | Sulfuric Acid<br>(ohne Mangan)   | 3,00  | 35000  | 4300<br>( 8600) | 32300<br>( 10767) | -                                      | -               | ( 54367)                    |
| 26               | Hydrochloric Acid                | 3,00  | 42000  | 4300<br>( 8600) | 31000<br>( 10333) | 590000<br>( 36875)                     | -               | ( 97808)                    |

Quelle: Tabelle A2 - Eigene Berechnungen

Tabelle A4 - Schätzgleichungen für die Entwicklung der fixen und der variablen Kosten im Landbergbau und im Tiefseebergbau 1965 - 1980 sowie durchschnittliche Kosten 1979 und 1990

|  | Schätzgleichung <sup>a</sup>   | Zeitraum  | N  | $\bar{R}^2$ | F      | DW   | Kosten in US \$ (1979) pro Pound Nickel-(-äquivalent) |       |
|--|--|-----------|----|-------------|--------|------|---|-------|
|  |  |           |    |             |        |      | 1979  | 1990  |
| <u>Fixe Kosten</u>                         |  |           |    |             |        |      |   |       |
| Tiefseebergbau                             | (1) $\ln CAC = -97,3986 + 0,0502 T$<br>(-3,79)* (3,86)*                              | 1968-1979 | 24 | 0,38        | 14,87* | 1,57 | 7,01  | 12,18 |
| Landbergbau<br>(Nickellaterit-<br>bergbau) | (2) $\ln CAC = -126,2335 + 0,0650 T$<br>(-5,46)* (5,55)*                             | 1965-1979 | 44 | 0,41        | 30,81* | 2,13 | 11,04   | 22,57 |
|  | (3) $\ln CAC = -184,1266 + 0,0943 T$<br>(-6,54)* (6,62)*                             | 1970-1979 | 30 | 0,60        | 43,77* | 1,34 | 12,10   | 34,14 |
| <u>Variable Kosten</u>                     |  |           |    |             |        |      |   |       |
| Tiefseebergbau                             | (4) $\ln OPC = -125,1122 + 0,0635 T$<br>(-6,42)* (6,44)*                             | 1968-1979 | 24 | 0,64        | 41,47* | 1,93 | 1,74  | 3,50  |
| Landbergbau<br>(Nickellaterit-<br>bergbau) | (5) $\ln OPC = -144,8829 + 0,0736 T$<br>(-5,25)* (5,27)*                             | 1972-1980 | 20 | 0,58        | 27,76* | 0,90 | 2,16  | 4,86  |
|  | (6) $\ln OPC = -148,7245 + 0,0758 T$<br>(-6,59)* (6,64)*<br>- 0,0056 KAP<br>(-2,29)* | 1972-1980 | 19 | 0,74        | 26,48* | 1,05 | 2,06  | 4,75  |

<sup>a</sup>Zu den Symbolen: CAC = Fixe Kosten in US \$ (1979) pro Pound Nickel (-äquivalent) Jahreskapazität;  
 OPC = Variable Kosten (ohne Abschreibung, Amortisation und Schuldendienst) in US \$ pro Pound Nickel (-äquivalent);  
 KAP = Auslastungsgrad der Produktionskapazität in vH  
 T = Jahr (1965 - 1980);  
 t-Werte in Klammern;  
 \* signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 vH

Quelle: Tabellen 1, 2 und 3  
 Eigene Berechnungen.

Tabelle A5 - Durchschnittliche fixe Kosten im Nickellateritbergbau 1965 - 1979

| Lfd. Nr.          | Jahr    | Fixe Kosten in US \$<br>(1979) /lb Nickel | Lagerstättentyp <sup>a</sup> |
|-------------------|---------|---|------------------------------|
| 1                 | 1965    | 4,58                                      | A                            |
| 2                 | 1969    | 6,02                                      | A                            |
| 3                 | 1970    | 4,04                                      | B                            |
| 4                 | 1970    | 9,50                                      | A                            |
| 5                 | 1971    | 5,16                                      | B                            |
| 6                 | 1971    | 8,31                                      | B                            |
| 7                 | 1972    | 6,26                                      | B                            |
| 8                 | 1972    | 7,39                                      | B                            |
| 9                 | 1972    | 6,18                                      | B                            |
| 10                | 1972    | 12,18                                     | A                            |
| 11                | 1973    | 7,80                                      | B                            |
| 12                | 1973    | 4,95                                      | B                            |
| 13                | 1973    | 5,27                                      | B                            |
| 14                | 1973    | 7,11                                      | B                            |
| 15                | 1973    | 8,00                                      | B                            |
| 16                | 1973    | 5,55                                      | B                            |
| 17                | 1974    | 11,63                                     | A                            |
| 18                | 1974    | 6,86                                      | B                            |
| 19                | 1974    | 5,56                                      | B                            |
| 20                | 1974    | 5,77                                      | B                            |
| 21                | 1974    | 6,19                                      | B                            |
| 22                | 1975    | 9,36                                      | A                            |
| 23                | 1975    | 13,09                                     | A                            |
| 24                | 1975    | 6,54                                      | B                            |
| 25                | 1975    | 10,69                                     | A                            |
| 26                | 1976    | 10,15                                     | A                            |
| 27                | 1976    | 10,71                                     | A                            |
| 28                | 1976    | 9,90                                      | B                            |
| 29                | 1976    | 10,20                                     | B                            |
| 30                | 1976    | 12,96                                     | B                            |
| (10,14 bis 15,78) |         |   |                              |
| 31                | 1977    | 11,70                                     | B                            |
| 32                | 1978    | 11,38                                     | B                            |
| 33                | 1978    | 8,91                                      | A                            |
| 34                | 1978    | 9,82                                      | B                            |
| 35                | 1978    | 8,73                                      | B                            |
| 36                | 1979    | 10,00                                     | A                            |
| ( 9,00 bis 11,00) |         |   |                              |
| 37                | 1979    | 10,00                                     | A                            |
| 38                | 1979    | 10,00                                     | A                            |
| 39                | 1979    | 9,00                                      | B                            |
| 40                | 1978    | 13,09                                     | B                            |
| 41                | 1977/78 | 11,29                                     | B                            |
| 42                | 1977/78 | 10,27                                     | B                            |
| 43                | 1977/78 | 9,59                                      | B                            |
| 44                | 1977/78 | 9,14                                      | B                            |

<sup>a</sup> A Keine Angabe, ob lateritischer oder sulfidischer Lagerstättentyp;  
B Lateritischer Lagerstättentyp

Quelle: Fachzeitschriften: Engineering and Mining Journal; Mining Annual Review; Mining Congress Journal; Handelsblatt; NfA - Nachrichten für den Außenhandel; Metallwirtschaft und Metallmarkt -

Unternehmen: INCO, Toronto; Falconbridge International Limited, Toronto; Kennecott Copper Corporation; AMR, Frankfurt; Metallgesellschaft AG, Frankfurt -

Sonstige: Arthur D. Little (1977); J. Hilmy (1979); J. R. H. Black (1980)

Tabelle A6

Faktorpreise der Vereinigten Staaten, 1979

| Faktor                 | Preis in US \$ (1979)/Mengeneinheit |                  |
|------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Heizöl                 | 20                                  | \$/bbl           |
| Kohle                  | 57,90                               | \$/t             |
| Koks                   | 80                                  | \$/t             |
| Strom                  | 0,03                                | \$/kWh           |
| Elektroden             | 1.000                               | \$/t             |
| LIX 64 N               | 2,75                                | \$/lb            |
| Dampf                  | 0,0027                              | \$/lb            |
| Wasser                 | 50                                  | \$/Mgal          |
| Ammoniak               | 150                                 | \$/t             |
| Salzsäure              | 42                                  | \$/t             |
| Schwefelsäure          | 57,80                               | \$/t             |
| Kalk                   | 32,50                               | \$/t             |
| Siliciumoxid           | 40                                  | \$/t             |
| (Eisen-)Schrott        | 100                                 | \$/t             |
| Elektroden Paste       | 300                                 | \$/t             |
| Lohn: Betriebspersonal | 20.000                              | \$/Mann und Jahr |
| Wartungspersonal       | 23.000                              | \$/Mann und Jahr |

Quelle: Black [1980], S. 114.

Tabelle A7

Faktorabsorption (Arbeit, Material, Energie) im Tiefseebergbau und im Landbergbau

| Faktor                                      | Di-<br>men-<br>sion | Faktormenge je Pound Nickel(-äquivalent) |                    |   |                    |                       |
|---|---------------------|--|--------------------|---|--------------------|-----------------------|
|   |                     | Tiefseebergbau (INCO)                    |                    | Landbergbau<br>(Ferronickelprozeß) <sup>a</sup> |                    | Morro<br>do<br>Niguel |
|   |                     | ohne<br>Mangangewinnung                  | mit                | Alternative A                                   | Alternative B      |                       |
| Arbeit                                      |                     |  |                    |   |                    |                       |
| Arbeiter-                                   | Stunden             | 0,0131                                   | 0,0131             | 0,0260  | 0,0260             |                       |
| Angestellte-                                | Stunden             | 0,0097                                   | 0,0109             | 0,0064  | 0,0064             |                       |
| Material                                    |                     |  |                    |   |                    |                       |
| Chemikalien                                 | US \$ <sup>b</sup>  | 0,2664                                   | 0,1633             | .   | .                  |                       |
| Elektroden                                  | kg                  | 0,0324                                   | 0,0184             | .   | .                  |                       |
| LIX 64 N                                    | lb                  | 0,0025                                   | 0,0014             | .   | .                  |                       |
| Kalk  | kg                  | -  | 0,71               | 0,25  | 0,30               | 0,07                  |
| Elektroden-Paste                            | kg                  | -  | 0,0718             | .   | .                  | 0,17-0,24             |
| (Eisen-) Schrott                            | kg                  | -  | 0,45               | .   | .                  |                       |
| Koks  | kg                  | -  | 1,43               | .   | .                  |                       |
| Flußmittel (Si-<br>lica)                    | kg                  | -  | 0,77               | .   | .                  |                       |
| div. Material<br>(Bergbau und<br>Transport) | US \$ <sup>b</sup>  | 0,1122                                   | 0,0637             | .   | .                  |                       |
| Wasser                                      | m                   | 0,0372                                   | 0,0217             | 0,075 <sup>c</sup>                              | 0,090 <sup>c</sup> |                       |
| Flußspat                                    | kg                  | .  | .                  | .   | .                  | 0,0061                |
| Sauerstoff                                  | m                   | .  | .                  | .   | .                  | 0,05                  |
| Soda  | kg                  | .  | .                  | .   | .                  | 0,52                  |
| Energie                                     |                     |  |                    |   |                    |                       |
| Kohle                                       | kg                  | 4,59                                     | 2,61 <sup>f</sup>  | 0,05  | 0,06               | 1,75 <sup>d</sup>     |
| Strom                                       | kWh                 | 13,15 <sup>e</sup>                       | 21,72 <sup>f</sup> | 12,50   | 15,00              | 27,17                 |
| Dampf                                       | lb                  | 32,69                                    | 18,61              | .   | .                  | .                     |
| Heizöl                                      | l                   | 0,02                                     | 0,71               | 3,40  | 4,08               | 3,31                  |
| Dieselöl                                    | l                   | .  | .                  | 0,20  | 0,24               | .                     |

<sup>a</sup> Alternative A: Input 1,25 Millionen dmt pro Jahr, Output 50 Millionen lbs pro Jahr;  
Alternative B: Input 1,5 Millionen dmt pro Jahr, Output 50 Millionen lbs pro Jahr.

<sup>b</sup> Preisbasis 1979

<sup>c</sup> Frischwasser

<sup>d</sup> Holzkohle zur Reduktion

<sup>e</sup> davon im Bergbau und für den Transport 2,12 kWh/lb

<sup>f</sup> davon im Bergbau und für den Transport 1,21 kWh/lb

Quelle: Black (1980) a. a. O. - Langer, Ernst (1979) - Angaben eines Industrieunternehmens -  
Eigene Berechnungen.

Tabelle A8

Umrechnungsfaktoren für Energiebilanzen

| Energieträger             | Mengeneinheit | kWh      |
|---------------------------|---------------|----------|
| Schweres Heizöl           | gal (US)      | 16,67    |
|                           | bb1           | 700,00   |
|                           | short ton     | 4.167,00 |
| Dieselöl, leichtes Heizöl | gal (US)      | 15,77    |
| Kohle, Koks, Elektroden   | lb            | 1,44     |
|                           | metric ton    | 3.175    |
| Dampf                     | lb            | 0,139    |

Quelle: John Dasher, The energy picture in nickel production,  
in Mining Magazine - May 1976, S. 379

Tabelle A9 - Fixe Kosten und variable Kosten in US \$ (1979)  
pro Tonne Manganknollen - Schätzungen 1965 - 1980

| K o s t e n s t u d i e |   |   |                                 |                             |   |   |
|-------------------------|---|---|---------------------------------|-----------------------------|---|---|
| Lfd. Nr.                | Autor(en) der Kostenschätzung               | Erscheinungsjahr (Preisbasis im Original) | Anzahl der Metalle <sup>a</sup> | Jahreskapazität (Mio t/ato) | Fixe Kosten in US \$ (1979) pro Tonne Manganknollen Jahreskapazität | Spezifische variable Kosten in US \$ (1979) pro Tonne Manganknollen Jahreskapazität |
| 1                       | Mero J. L.                                  | 1965<br>(1963)                            | 4                               | 1,22                        | .   | 90  |
| 2                       | Hess H. D.                                  | 1965<br>(1964)                            | 5                               | 1,50                        | 125 bis 163   | .   |
| 3                       | Sorenson P. E.,<br>Mead W. J.               | 1968<br>(1968)                            | 4                               | 1,80                        | 251   | 84  |
| 4                       | Dorstewitz G.                               | 1971<br>(1970)                            | 4                               | 1,25                        | 107   | 85  |
|                         | Drechsler H.                                | 1972<br>(1970)                            |                                 |                             |   |   |
| 5                       | Fall A                                      |   | 3                               | 1,00                        | 306   | 56  |
| 6                       | Fall B                                      |   | 4                               | 1,00                        | 363   | 84  |
| 7                       | Fall C                                      |   | 3                               | 2,00                        | 245   | 48  |
| 8                       | Fall D                                      |   | 4                               | 2,00                        | 291   | 73  |
| 9                       | Kaufmann R.,<br>Rothstein A. J.             | 1973<br>(1974)                            | .                               | 1,00                        | 202 bis 303 <sup>c</sup>  | 104 bis 143   |
| 10                      | Dubs M.                                     | 1974<br>(1974)                            | .                               | 3,00                        | .   | 42 bis 58   |
| 11                      | Moncrieff A.,<br>Smale Adams K.             | 1974<br>(1974)                            | 3                               | 3,00                        | 144 <sup>d</sup>  | 51  |
|                         | Pearson J. S.                               | 1975<br>(1974)                            |                                 |                             |   |   |
| 12                      | Fall A                                      |   | 4                               | 0,91                        | 213   | 63  |
| 13                      | Fall B                                      |   | 4                               | 0,91                        | 32  | 29  |
|                         | Arthur D. Little                            | 1977<br>(1976)                            |                                 |                             |   |   |
| 14                      | Kennecott-Project                           |   | 4                               | 2,72                        | 196 <sup>d</sup>  | 70  |
| 15                      | INCO-Project                                |   | 5                               | 2,72                        | 273 <sup>d</sup>  | 80  |
| 16                      | OMA-Project                                 |   | 5                               | 0,91                        | 445 <sup>d</sup>  | 169   |
| 17                      | Nyhardt J. D.                               | 1978<br>(1976)                            | 3                               | 2,72                        | 233   | 46  |
| 18                      | Diederich F.,<br>Müller W.,<br>Schneider W. | 1979<br>(1976)                            | 3                               | 2,72                        | 396   | 115   |
|                         | AMR   | 1979<br>(1978)                            |                                 |                             |   |   |
| 19                      | Fall A                                      |   | 4 <sup>e</sup>                  | 3,00                        | 450   | 95  |
| 20                      | Fall B                                      |   | 4 <sup>f</sup>                  | 3,00                        | 493   | 121   |
| 21                      | Fall C                                      |   | 3                               | 3,00                        | 374   | 78  |

| K o s t e n s t u d i e |                                   |   |                                 |                            |   |   |
|-------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|---|---|
| Lfd. Nr.                | Autor(en) der Kostenschätzung     | Erscheinungsjahr (Preisbasis im Original) | Anzahl der Metalle <sup>a</sup> | Jahreskapazität (Mio tato) | Fixe Kosten in US \$ (1979) pro Tonne Manganknollen Jahreskapazität | Spezifische variable Kosten in US \$ (1979) pro Tonne Manganknollen Jahreskapazität |
|                         | Arthur D. Little                  | 1979 (1978)                               |                                 |                            |   |   |
| 22                      | "Ammonia Leach Without Manganese" |   | 4 <sup>g</sup>                  | 2,72                       | 254   | 89  |
| 23                      | "Ammonia Leach With Manganese"    |   | 5                               | 2,72                       | 361 <sup>h</sup>  | 128   |
| 24                      | "Pyrometallurgical"               |   | 5                               | 2,72                       | 311 <sup>h</sup>  | 97  |
|                         | Black J. R. M.                    | 1980 (1979)                               |                                 |                            |   |   |
| 25                      | INCO                              |   | 4                               | 3,00                       | 453   | 143   |
| 26                      |                                   |   | 3                               | 3,00                       | 306   | 80  |
| 27                      | Cuprion                           |   | 4                               | 3,00                       | 421   | 137   |
| 28                      |                                   |   | 3                               | 3,00                       | 239   | 62  |
| 29                      | Sulfuric Acid                     |   | 4                               | 3,00                       | 473   | 143   |
| 30                      |                                   |   | 3                               | 3,00                       | 290   | 69  |
| 31                      | Hydrochloric Acid                 |   | 4                               | 3,00                       | 521   | 110   |
| 32                      | INCO                              |   | 4                               | 1,00                       | 697   | 225   |
| 33                      | Cuprion                           |   | 4                               | 1,00                       | 646   | 203   |
| 34                      | Sulfuric Acid                     |   | 4                               | 1,00                       | 728   | 212   |
| 35                      | Hydrochloric Acid                 |   | 4                               | 1,00                       | 668   | 155   |

a 5 bedeutet Nickel, Kupfer, Kobalt, Mangan, Molybdän  
 4 bedeutet Nickel, Kupfer, Kobalt, Mangan (sofern nicht anders angegeben)  
 3 bedeutet Nickel, Kupfer, Kobalt

b ohne Forschungs- und Entwicklungsaufwand, sofern nicht anders angegeben

c spezifischer Kapitalaufwand insgesamt ohne nähere Angabe, ob Forschungs- und Entwicklungsaufwand darin enthalten

d ohne Forschungs- und Entwicklungsaufwand, ohne Prospektion und Exploration

e 221.900 Tonnen Mangan Output

f 665.600 Tonnen Mangan Output

g Nickel, Kupfer, Kobalt, Molybdän

h in den Investitionen sind nur Anlagen und Einrichtungen zur Erzeugung einer geschmolzenen manganhaltigen Schlacke enthalten

. keine Angabe

Quelle: Tabelle A2 - Eigene Berechnungen



ANHANG B

Fixe und variable Durchschnittskosten bezogen  
auf die Fördermenge an Manganknollen

1\*. Im Abschnitt II Ziffer 11 ff wurden auf die Metallproduktion bezogene Durchschnittskosten ermittelt. Im folgenden werden -- wegen der breiteren Datenbasis -- die variablen und fixen Kosten auf den Output des Bergbausektors, das heißt auf die jährlich geförderte Menge Manganknollen bezogen. Errechnet wurden: (1) fixe Kosten pro Jahrestonne Manganknollen in US\$ (1979) und (2) variable Kosten pro Jahrestonne Manganknollen in US\$ (1979). Die Ergebnisse sind in den Schaubildern A 1 und A 2 dargestellt.

Durchschnittliche fixe Kosten pro Jahrestonne Manganknollen

2\*. Auffällig ist im Schaubild A 1 die große Streubreite der Schätzungen. Die wichtigsten Gründe für die beachtlichen Differenzen der Schätzwerte für die spezifischen fixen Kosten wurden bereits genannt (Ziffer 10):

- a) Unterschiede bei den zugrundegelegten Betriebsgrößen,
- b) unterschiedliche Technologien zur Gewinnung und Förderung der Manganknollen und
- c) unterschiedliche Verfahren zur Verhüttung der Manganknollen.

3\*. Eine Vorstellung über die Größenordnung der Kostendifferenzen infolge unterschiedlicher Betriebskapazitäten läßt sich aus den Berechnungen von Black [1980] gewinnen: die fixen Kosten pro Jahrestonne Manganknollen betragen bei einem 3 Mio-Jahrestonnen-Betrieb etwa zwei Drittel bis vier Fünftel der entsprechenden fixen Kosten eines Tiefsee-Berg-

baubetriebes mit nur 1 Mio Jahrestonnen Manganknollen<sup>1</sup>.

4\*. Die Schätzungen über die bergbaulichen Fixkosten (Kosten der Anlagen zur Gewinnung und Förderung der Manganknollen) weichen besonders stark voneinander ab. Die Schwankungsbreite der spezifischen fixen Kosten für den Bergbausektor reicht (1979er Preise) von 3,2 US\$ [Pearson, 1979, Fall B] bis 175 US\$ [Sorenson and Mead, 1968]. Die Angabe von Pearson mit 3,2 US\$ pro Jahrestonne Manganknollen bei einer Betriebskapazität von 0,91 Mio Jahrestonnen ist die einzige

---

<sup>1</sup>Nach den von A.D. Little [1977] veröffentlichten Schätzungen ergeben sich ähnliche Vergleichswerte. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß sich nicht nur die Betriebsgrößen unterscheiden, sondern auch die Verhüttungsverfahren. Drechsler [1973, S. 84] berechnet die fixen Kosten für einen Betrieb mit 2 Mio Jahrestonnen Kapazität auf der Basis der entsprechenden Kosten eines Betriebes mit 1 Mio Jahrestonnen, mittels der Formel:

$$C_2 = \frac{C_1}{(Q_1/Q_2)^{0,7}}$$

wobei

$Q_1$  = 1 Million Tonnen Jahreskapazität

$Q_2$  = 2 Millionen Tonnen Jahreskapazität

$C_1$  = Fixe Kosten eines 1 Million-Jahrestonnen-Betriebs

$C_2$  = Fixe Kosten eines 2 Millionen-Jahrestonnen-Betriebs

Schätzung, die uns für das sogenannte Continuous-Line-Bucket-System (CLB)<sup>1</sup> vorliegt.

5\*. Die Fülle von Kombinationsmöglichkeiten zwischen den verschiedenen Gewinnungsgeräten und Fördertechnologien spiegelt sich auch in den Schätzungen für die fixen Kosten wider. Da alle Schätzungen mit einem mehr oder weniger großen Unsicherheitsfaktor versehen sind, soll an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden, welche Abbauanlage die niedrigsten fixen Kosten erfordert<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Beim CLB-System sind viele Schürfkübel an einem Endlosseil befestigt. Dieses Endlosseil wird über eine Windenanlage an Bord eines Schiffes so in Rotation versetzt, daß die Schürfkübel am Meeresboden schleifen und die dabei aufgenommenen Manganknollen auf das Schiff fördern. Das CLB-System wurde von Yoshio Masuda entwickelt und wird von der sogenannten Continuous-Line-Bucket-Group in der Praxis erprobt. Zu dem CLB-System vgl. Yoshio Masuda [1975]. In den anderen vorliegenden Kostenanalysen wird davon ausgegangen, daß die Manganknollen mit einem Gewinnungsgerät vom Meeresboden aufgenommen werden und anschließend hydraulisch oder hydropneumatisch in einem Rohrstrang auf das Förderschiff transportiert werden. Bei diesen Methoden wird also entweder ein Feststoff (Manganknollen)-Wasser-Gemisch oder ein Feststoff-Wasser-Luft-Gemisch (Air-Lift-System) auf das Förderschiff gepumpt, Das Konsortium Ocean Management Inc., an dem auch die deutsche Gruppe AMR (Arbeitsgemeinschaft meerestechnisch gewinnbare Rohstoffe) beteiligt ist, ist bisher das einzige Unternehmen, das beide zuletzt genannten Fördertechnologien in der Praxis erprobt hat.

Zur Aufnahme der Manganknollen am Meeresboden wurden bzw. werden verschiedene Gewinnungsgeräte (mechanische Sammel-einrichtungen, Einrichtungen mit festen oder einstellbaren Schleppsaugknöpfen u.a.) entwickelt und erprobt. Beschreibung der verschiedenen Gewinnungs- und Fördereinrichtungen enthält beispielsweise Chaziteodorou [1976/77].  
<sup>2</sup> Chaziteodorou weist darauf hin, daß "das jeweilige Kostenbild eines technologischen Verfahrens sich in Abhängigkeit von Lagerstättenfaktoren gestaltet" (siehe Chaziteodorou, 1976/77, Seite 58). Chaziteodorou kommt nach einer Rentabilitätsbewertung der verschiedenen Abbaumöglichkeiten u.a. zu dem Schluß: "Die Fließfördertechnologien (kontinuierliches Fördern auf hydraulischem und hydropneumatischem Wege) sind wirtschaftlich eindeutig führend". (siehe Chaziteodorou, [1976/77] Seite 75).

6\*. Die Kostenanalysen von Black ermöglichen einen Vergleich der fixen Kosten zwischen dem 3-Metall-Verfahren und dem 4-Metall-Verfahren im Hüttensektor. Danach sind für die (zusätzliche) Gewinnung des Mangans im Hüttensektor Fixkosten erforderlich, die das 0,6 bis 1,1-fache der Werte betragen, die für die Gewinnung von Kupfer, Nickel und Kobalt insgesamt (3-Metall-Verfahren) in Ansatz gebracht werden<sup>1</sup>.

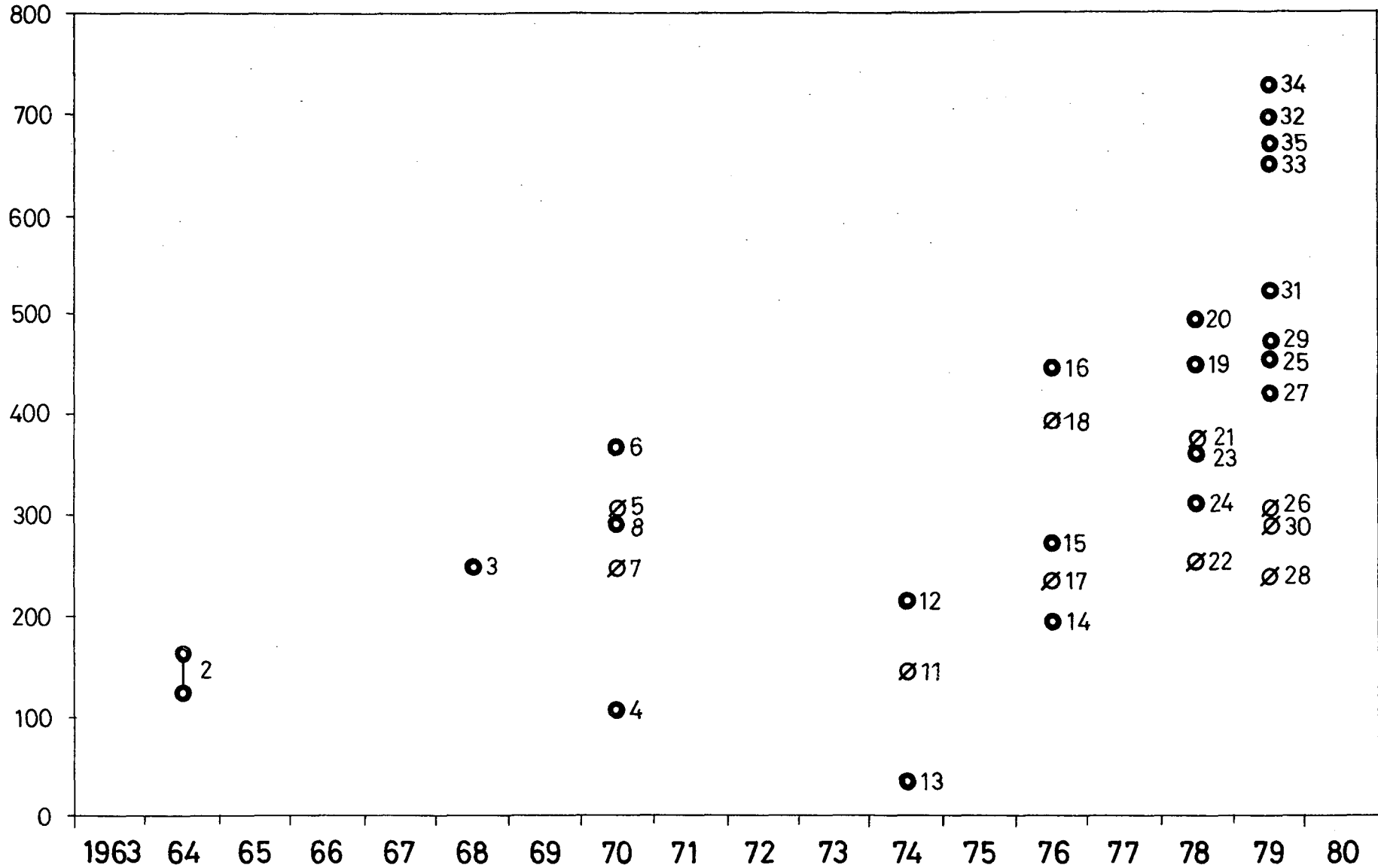
7\*. Schaubild A 1 läßt außer der beachtlichen Streubreite der verschiedenen Schätzungen auch einen Anstieg dieser Werte im Zeitablauf erkennen. Dieser Anstieg der fixen Kosten dürfte zum überwiegenden Teil darauf zurückzuführen sein, daß die technischen Schwierigkeiten und demzufolge auch die Kosten einer Förderung und Verhüttung von Manganknollen anfangs unterschätzt wurden. Die Erfahrungen, die vor allem aufgrund der Förderversuche und in jüngster Zeit auch aus den Verhüttungsversuchen gewonnen wurden, haben offenbar zu einer Überarbeitung der technischen Lösungsansätze geführt, die letztendlich auch in höheren Kostenschätzungen ihren Niederschlag gefunden haben.

---

<sup>1</sup> Bezieht man für einen 3 Mio-Jahrestonnen-Betrieb die fixen Kosten im Hüttensektor für die (zusätzliche) Gewinnung des Mangans auf die entsprechenden fixen Kosten des 3-Metall-Verfahrens, so ergeben sich für die verschiedenen Verhüttungstechnologien folgende Quotienten: INCO-Smelting-Process 0,6; Kennecott-Cuprion-Process 1,1; High Temperature Sulfuric Acid Leach Process 0,8. [Black 1980 - eigene Berechnungen/].

Schaubild A 1 - Fixe Kosten in US \$ (1979) pro Tonne Manganknollen Jahreskapazität  
 (Schätzungen) 1964 - 1979

Fixe  
Kosten



● mit Mangangewinnung

∅ ohne Mangangewinnung

Quelle: Tabelle A 9.

8\*. Für eine kurze abschließende Betrachtung der fixen Kosten sollen nur Schätzungen der aktuellsten Kostenuntersuchungen (1979, 1980) herangezogen werden. Aus den Daten der Tabelle A 2 errechnen sich folgende Durchschnittswerte:

- Für ein Tiefseebergbau-Projekt mit einer Jahreskapazität von 3 Millionen Tonnen Manganknollen betragen die fixen Kosten 302 US\$ (1979) pro Jahrestonne Manganknollen beim 3-Metall-Verfahren und 469 US\$ pro Jahrestonne Manganknollen beim 4-Metall-Verfahren;
- für ein Tiefseebergbau-Projekt mit einer Jahreskapazität von 1 Million Tonnen Manganknollen werden fixe Kosten von 685 US\$ (1979) pro Jahrestonne Manganknollen beim 4-Metall-Verfahren geschätzt.

Demnach erreichen die fixen Kosten beim 4-Metall-Verfahren im Vergleich zum 3-Metall-Verfahren etwa den 1 1/2-fachen Betrag. Mit einer Erhöhung der Produktionskapazität von 1 Million Jahrestonnen auf 3 Millionen Jahrestonnen Manganknollen verringern sich die fixen Kosten um etwa ein Drittel. Mit diesem letztgenannten Ergebnis stimmt die Beobachtung überein, daß die Tiefseebergbau-Konsortien bei ihren Projektüberlegungen derzeit überwiegend von einer Produktionskapazität von 3 Millionen Jahrestonnen Manganknollen ausgehen<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Hierbei handelt es sich um Trockengewicht und "metric tons" (1000 kg). Einige US-Studien (vgl. A.D. Little) legen ihren Berechnungen 3 Millionen "short tons" (2000 lb  $\approx$  907 kg) zugrunde.

Durchschnittliche variable Kosten pro Jahrestonne

Manganknollen

9\*. Ebenso wie die Schätzwerte für die fixen Kosten sind auch die Schätzwerte der variablen Kosten im Zeitablauf gestiegen und streuen je nach Betriebsgröße, Gewinnungs- und Fördertechnik sowie dem in Betracht gezogenen Verhüttungsverfahren relativ breit (Schaubild A 2). So errechnen sich beispielsweise aus den Daten der Kostenschätzungen von Black im Durchschnitt für ein Projekt mit einer Jahreskapazität von 1 Million Tonnen Manganknollen variable Kosten von 200 US\$ und für ein 3 Millionen Jahrestonnen-Projekt variable Kosten von rund 135 US\$ (1979) je Tonne Manganknollen. Nach den Schätzungen von Drechsler [1970] verringern sich bei einer Verdopplung der Produktionskapazität von 1 Million Jahrestonnen auf 2 Millionen Jahrestonnen die durchschnittlichen variablen Kosten um etwa 15 vH<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Drechsler legte bei seiner Umrechnung der Betriebskosten eines 1 Millionen-Jahrestonnen-Betriebs auf einen 2-Millionen-Jahrestonnen-Betrieb folgende Formel zugrunde:

$$C_2' = C_1' (Q_1/Q_2)^{0,2}$$

wobei

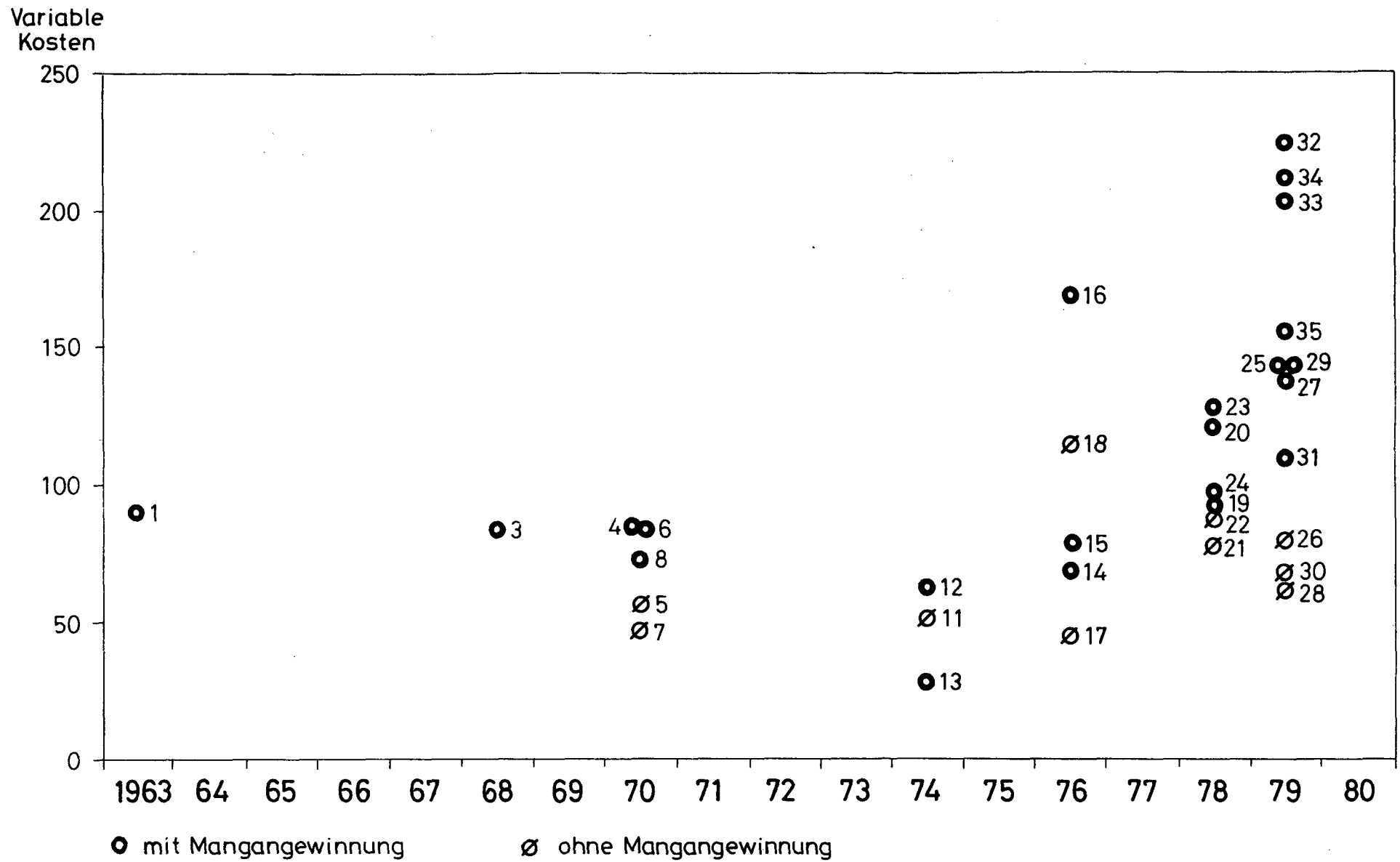
$Q_1$  = 1 Million Tonnen Jahreskapazität

$Q_2$  = 2 Millionen Tonnen Jahreskapazität

$C_1'$  = Betriebskosten eines 1 Millionen-Jahrestonnen-Betriebs

(vgl. Drechsler, [1973], Seite 83)

Schaubild A 2 - Variable Kosten in US \$ (1979) pro Tonne Manganknollen (Schätzungen),  
1963 - 1979



Quelle: Tabelle A 9.



10\*. Den Einfluß der Gewinnungs- und Fördertechnik auf die Streuung der variablen Kosten verdeutlicht die folgende Beobachtung: Die durchschnittlichen variablen Kosten (Preise von 1979) im Bergbau-Sektor schwanken zwischen 0,5 US\$ (Pearson, Fall B) und 26,9 US\$ (Sorenson and Mead) pro Tonne Manganknollen<sup>1</sup>.

Die Kostenanalysen von Black [1980] ermöglichen eine Gegenüberstellung der Verhüttungskosten der 3-Metall-Verfahren mit den 4-Metall-Verfahren. Danach verursachen die 4-Metall-Verfahren im Verhüttungsprozeß durchschnittliche variable Kosten, die etwa 2 bis 2,5 mal so hoch liegen wie die Vergleichswerte der 3-Metall-Verfahren<sup>2</sup>.

Für die variablen Kosten insgesamt (Bergbau, Transport, Aufbereitung und Verhüttung) ergibt sich nach den Schätzdaten von Black bei Anwendung der 4-Metall-Verfahren im Durchschnitt ein rund doppelt so hoher Wert wie bei der Anwendung der 3-Metall-Verfahren.

---

<sup>1</sup>Der untere Wert ist die einzige vorliegende Schätzung für das CLB-Förderverfahren. Wenn auch an diesem sehr niedrigen Schätzwert Zweifel angebracht erscheinen, so lassen die Daten dennoch vermuten, daß die hydropneumatischen und mehr noch die hydraulischen Fördersysteme höhere variable Kosten als das CLB-System erfordern.

<sup>2</sup>Die betreffenden Faktoren für 3 Millionen-Jahrestonnen-Betriebe betragen beim: INCO-Smelting-Process 1,95; Kennecott Cuprion-Process 2,55; High Temperature Sulfuric Acid Leach Process 2,38.

Literaturverzeichnis

AMR (Arbeitsgemeinschaft meerestechnisch gewinnbare Rohstoffe)  
Summary of Project Data for a 3 Mio DMT Nodule per  
Year Project, Four Metal Case, unveröffentlicht,  
Frankfurt, 1979

Andrew, Benjamin V.  
Relative Costs of U. S. and Foreign Nodule Trans-  
port Ships, 1978

Barons  
"Mining the Deep", Sept. 13, 1971

BGR, DIW (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe,  
Hannover, und Deutsches Institut für Wirtschaftsfor-  
schung, Berlin)  
Nickel, Untersuchungen über Angebot und Nachfrage mi-  
neralischer Rohstoffe, Stuttgart 1978

Black, John Roland Howard  
The Recovery of Metals from Deepsea Manganese  
Nodules and the Effects on the World Cobalt and  
Manganese Markets, Massachusetts 1980

Boin, Udo  
Grenzen und Möglichkeiten des Meeresbergbaus für  
die Gewinnung mineralischer Rohstoffe am Beispiel  
der Manganknollen, In: Erzmetall Bd 32 (1979) H. 5,  
S. 237 - 240

-- Seerechtskonvention verhindert freien Investitions-  
wettbewerb, In: Handelsblatt 9. 6. 1980

Brooks, David B.  
"Deepsea Manganese Nodules: From Scientific Pheno-  
menon to World Resources", Natural Resources Journal,  
July 1968, pp 401 - 423

Chaziteodorou, Georg  
Grundlagen des Meeresbergbaus, Ein Beitrag zur Gewin-  
nung und Förderung von festen mineralischen Rohstof-  
fen aus dem Meer, Stuttgart 1976/77

Clauss, G.  
Theoretical and Experimental Investigations of Deep  
Sea Ocean Mining Systems and Their Economic Evaluation,  
Paper presented at the Second International Ocean De-  
velopment Conference, Tokyo, October 1972, pp 1925 -  
1955. As reported in United Nations "Economic Impli-  
cations of Seabed Mineral Development in the Inter-  
national Area: Report of the Secretary General, A/Conf.  
62/25 (22 May 1974) p. 67

Dasher, John

The energy picture in nickel production, In: Mining Magazine, May 1976, S. 389 f

Deep Ocean and Offshore Mining, Mining Engineering, April 1975

Delach, M., Horn B. and Horn D.

"Ocean Manganese Nodules: Metal Values and Mining Sites", Technical Report Nr. 4, National Science Foundation, Washington D. C., 1973

Diederich, F. u. a.

Analysis of the MIT Study on Deep Ocean Mining - Critical Remarks on Technologies and Cost Estimates, Aachen/Frankfurt 1979

Dorstewitz, G.

Meeresbergbau auf Kobalt, Kupfer, Mangan und Nickel, Essen 1971

Drechsler, Herbert David

A Study in Industrial Organization: The Potential Seabed Nodule Mining Industry, Columbia 1972

Dubs, M. A., Flipse, J. E. and Greenwald, R. J.

"Pre Production Manganese Nodule Mining Activities and Requirements", In: U. S. Congress, Senate Subcommittee on Minerals, Materials and Fuels, Committee on Interior and Insular Affairs, Mineral Resources of the Deep Seabed, 93 d. Cong. 1st. sess. May-June 1973, pp.602 - 709

Ensign, C. O.

"Economic Barriers Delay Underseas", Mining Engineering 18 (1966) No. 9, Seiten 59 - 62 / 73

Evans, D. J. I., Shoemaker R. S., Veltman M., (Editors)

International Laterite Symposium, New York 1979

Gallagher, John T.

Efficient Estimating of Worldwide Plant Costs, In: Chemical Engineering, June 2, 1969, S. 196 - 202

Guthrie K. M.

Data and techniques for preliminary ...: Capital Cost Estimating, In: Chemical Engineering, March 24, 1969, S. 114 - 142

Hess, M. D.

The Ocean: Mining's newest frontier, Energy Mining Journal 166, 1965, Nr. 8, S. 79 - 96

Hilmy, Joseph

"Old Nick", An Anatomy of the Nickel Industry and its Future, Commodity Note No. 13, World Bank, Washington, September 1979

Jenisch, Uwe

Die Seerechtskonferenz vor der 10. Session, In: Außenpolitik, Zeitschrift für internationale Fragen, 32. Jgg. H. 1/81, Hamburg 1981

Johnson, Robert J.

Costs of Overseas Plants, In: Chemical Engineering, March 10, 1969, S. 146 - 152

Kamphausen, Dieter

Rohstoffgewinnung aus der Tiefsee und Strukturveränderungen im terrestrischen Bergbau von Entwicklungsländern, In: DIW, Vierteljahresheft 3, 1978

Kaufman, Raymond, Rothstein, Arnold J.

Deep Sea Ventures

-- Deep Sea Ventures Inc., "The Approaching Maturity of Deep Ocean Mining - The Pace Quickens", In: U. S. Congress, Senate, Subcommittee on Minerals, Materials and Fuels; Committee on Interior and Insular Affairs, Mineral Resources of the Deep Seabed, 93. d. Cong. 1st sess. May - June 1973, pp.201 - 222

-- "Recent Developments in Deep Ocean Mining", Marine Technol. (1970) S. 935 - 962

Kaufmann, Alwin

"The Economics of Ocean Mining", Marine Technological Society Journal, July - August 1970, S. 58 - 65

Kennecott Copper Corporation

Comparative Economies of Recovery of Metals from Ocean Nodules, 1976

Kohn, Philip M.

CE cost indexes maintain 13-year ascent In: Chemical Engineering, May 8, 1978, S. 189 - 190

Langer, Ernst

Ferronickel Production at Morro do Niquel, Minas Gerais, Brazil, In: Evans D. J. I., Shoemaker R. S., Veltman M. (ed.) International Laterite Symposium, S. 397 - 411

Leipziger, Danny M., Mudge, James L.

Seabed Mineral Resources and the Economic Interests of Developing Countries, Cambridge, Massachusetts, 1976, Chapter 6, The Economies of Manganese Nodules, S. 145 ff

Little, Arthur D., Inc.

Technological and Economic Assessment of Manganese Nodule Mining and Processing, Cambridge, Massachusetts, November 1977; revised version, November 1979.

Masuda, Yoshio

Das Continuous-Line-Bucket-(CLB)-System im Tiefsee-Einsatz. Ein Vergleich dieses Fördersystems mit anderen Gewinnungsverfahren, Braunkohle, Heft 1/2, Jan./Febr. 1975

Mero, John L.

The Mineral Resources of the Sea, New York 1965

-- "Seafloor Minerals", Chemical Engrs. 1968 Nr. 7, S. 60-81

Mikesell, Raymond

Financing for Expanding Free World Mine Producing Capacity Through 1990

Mohide, T. P., Mason J. D., Warden C. L.

Towards a Nickel Policy for the Province of Ontario, Mineral Policy Background Paper No. 4, Ontario 1977

Moncrieff, A., Smale-Adams

The Economies of First Generation Manganese Nodule Operations, Philadelphia: American Mining Congress, October 1974

Müller-Ohlsen, Lotte

Die Weltmetallwirtschaft im industriellen Entwicklungsprozeß. (Kieler Studie 165), Tübingen 1981

N. N.

Gesetz zur vorläufigen Regelung des Tiefseebergbaus vom 16. August 1980, Im Bundesgesetzblatt 1980, Teil I, Bonn, den 22. August 1980

N. N.

"Ocean Bottom Minerals", Ocean Ind. 3 (1968) Nr. 6, S. 61 - 73

Norden, Robert B.

CE Cost Indexes: A Sharp Rise Since 1965, In: Chemical Engineering May 5, 1969, S. 134 - 138

Nyhart, J. D. u. a.

A Cost Model of Deep Ocean Mining and Associated Regulatory Issues, Massachusetts 1978

Pasho, D.W.

Ocean Mining Status of Technology, Ottawa 1979

Pearson, John S.

Ocean Floor Mining, Park Ridge, New Jersey, London 1975

Prewo, Wilfried

Tiefseebergbau: Goldgrube, Weißer Elefant oder Trojanisches Pferd? In: Die Weltwirtschaft, 1979, H. 1, Tübingen 1979, S. 183 - 197

Sisselmann, Robert, associate editor

Ocean miners take soundings on legal problems,  
development alternatives

Sorenson, Philip E. and Mead, Walter J.

A Cost - Benefit Analysis of Ocean Mineral Resource  
Development: The Case of Manganese Nodules  
In: American Journal of Agricultural Economics,  
Dec. 1968

Spangler, M. B.

"The National Interest - A Case Study of Cupro-Nickel  
Nodules of the Deep Sea", Marine Technol. 2 (1970) S. 341

Statham, Bo

Deep Seabed Mining, In: INCO Triangle, Toronto, Dec. 1980

Vitzthum, Wolfgang Graf

Die Bemühungen um ein Regime des Tiefseebodens. Das  
Schicksal einer Idee. In: Zeitschrift für ausländisches  
Öffentliches Recht und Völkerrecht, Stuttgart, Bd.38  
(1978), Nr. 3-4, S. 745-800

Wright, R. L.

Ocean Mining: An Economic Evaluation, professional staff  
study, Ocean Min. Adm., Dept. Int. Mag. 1976, In: Deep  
Seabed Mining "Hearings" Sub-Comm. on Oceanography of the  
Comm. on Merchant Marine and Fisheries, House of Rep.,  
95th Cong., 1st sess. on H. R. 3350 and H. R. 4582, H. R.  
4922, H. R. 5624, H. R. 6846 and H. R. 6784 (Wash. D. C.  
GPO, 1977)

Sonstiges (Zeitschriften und Firmenberichte):

Australian Mineral Industry Quarterly

Chemical Engineering, mehrere Jahrgänge

Engineering and Mining Journal

Falconbridge Dominicana, Annual Report,  
lfd. Ausgaben

Handelsblatt

Metal Bulletin

Metallwirtschaft und Metallmarkt

Mining Annual Review

Mining Congress Journal

Mining Magazine

NfA, Nachrichten für den Außenhandel