

Mitt. österr. geol. Ges.	78 (1985) Festschrift W. E. Petrascheck	S. 23-40 2 Tab.	Wien, 11. März 1986
--------------------------	---	--------------------	---------------------

## Was ist Lagerstättenbonität?

Von Günter B. FETTWEIS, Wolfgang A. BRANDSTÄTTER und Felix HRUSCHKA,  
Leoben<sup>1)</sup>

Mit 2 Tabellen

### Zusammenfassung

Bei der Erkundung von Vorkommen fester mineralischer Rohstoffe werden bis heute vielfach nur Qualität und Quantität erhoben. Eine zunehmende Bedeutung kommt jedoch denjenigen geologischen Bedingungen zu, die gemeinsam mit der Quantität die Kosten der bergbaulichen Gewinnung beeinflussen. Für sie wurde der Sammelbegriff Bonität vorgeschlagen. Dieser Ausdruck ist in anderen Zweigen der Urproduktion, wie Land- und Forstwirtschaft, seit längerem als Kennzeichen für den Produktionsfaktor Boden gebräuchlich. Im Hinblick auf Lagerstätten mineralischer Rohstoffe ist allerdings ein spezifisches Verständnis erforderlich, um den Wesenszügen des Bergbaus zu entsprechen. Ausgehend von einer Darlegung wirtschaftlicher Zusammenhänge, insbesondere der Wirkungsweise der Faktorqualität von Produktionsfaktoren, wird dazu mit Hilfe einer Abgrenzung des Begriffes Bonität von den Begriffen Qualität und Quantität und an Hand der Formulierung eines für den Bergbau auf alle festen mineralischen Rohstoffe gültigen mathematischen Ausdrucks für den wirtschaftlichen Erfolg von Bergwerken Stellung genommen.

### Summary

For the exploration of solid raw materials, only quality and quantity of occurrences has frequently been assessed. Those geological conditions, however, which, apart from the quantity, influence the costs of mining, are of increasing significance. The general term "bonitaet" has been proposed for these factors. In the german language this term has been in use in other branches of primary production, such as agriculture and forestry, for characterizing the production factor "land". With respect to deposits of mineral raw materials, however, a specific interpretation is required in order to reflect the special characteristics of mining. Starting out from a presentation of economic relationships, especially the effect of the factor quality of production factors, the authors comment on this by differentiating the term

<sup>1)</sup> Beitrag zur Festschrift für em. O. Univ.-Prof. Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. Walther Emil PETRASCHECK anlässlich der Vollendung seines 80. Lebensjahres.

Adresse der Verfasser: O. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Günter B. FETTWEIS, Dipl.-Ing. Wolfgang A. BRANDSTÄTTER und Dipl.-Ing. Felix HRUSCHKA, Institut für Bergbaukunde der Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18, A-8700 Leoben, Österreich.

“bonitaet” from the terms “quality” and “quantity” (grade and size), and by discussing a mathematical expression valid for the mining of all minerals for describing the economic success of mines.

## Inhalt

1. Problemstellung . . . . .	24
2. Betriebswirtschaftliche Sachverhalte . . . . .	27
3. Zum Boden als Produktionsfaktor der Urproduktion . . . . .	30
4. Zur Bonität in den biotechnischen Zweigen der Urproduktion . . . . .	31
5. Qualität, Quantität und Bonität von Lagerstätten . . . . .	32
6. Schlußbemerkungen . . . . .	38
7. Literatur . . . . .	39

## Problemstellung

1. Im Bergbau haben sich in den vergangenen Jahrzehnten revolutionierende bergtechnische Entwicklungen vollzogen. Die immer teurer werdende aber anpassungsfähige menschliche Arbeitskraft wurde zunehmend durch weniger flexible Maschinen ersetzt, die außerdem dem Gesetz der Kostendegression bei zunehmender Größe unterliegen (7)<sup>2)</sup>. Damit war ein beträchtlicher und weiter anhaltender Bedeutungswandel der zahlreichen geologischen Bedingungen verbunden, welche die Abbauwürdigkeit von Vorkommen mineralischer Rohstoffe beeinflussen. Vor allem hat das Gewicht der die Abbaukosten mitbestimmenden Faktoren zugenommen. Der erstgenannte Verfasser sagte dazu 1962: „Zunehmend . . . tritt die Frage in den Vordergrund: Können die zum Betrieb des Bergbaus notwendigen Arbeiten auf Grund der vorliegenden Lagerstättenbedingungen in günstiger oder in ungünstiger Weise von Maschinen ausgeführt werden, Maschinen im weitesten Sinne des Wortes, zum jeweils neuesten Stand und bis hin zum Automaten“ (3).

TOTH und FALLER erklärten die diesbezüglichen Entwicklungen 1974 wie folgt: „Früher wurde die Abbauwürdigkeit der Mineralrohstoffe unter den natürlichen Parametern in erster Linie, ja sogar fast ausschließlich, durch die Qualität (bei Erzen der Metallgehalt, bei Kohle der Heizwert) gekennzeichnet. Bezüglich des Aufwands bestand nämlich in Verbindung mit der Gewinnung kein grundsätzlicher Unterschied. Mit der Zeit aber differenzierten sich – infolge des wissenschaftlichen und technischen Fortschrittes – die Gewinnungsverfahren für Mineralrohstoffe in solchem Maße, daß zwischen ihnen betreffs des Aufwands schon Größenordnungsunterschiede vorliegen können. Deswegen können mit der Qualität ausgedrückte Abbauwürdigkeitsbedingungen heute bereits nur in der Weise festgelegt werden, daß man sie an Gewinnungstechnologien knüpft, die durch sonstige Gewinnungsgegebenheiten bestimmt sind“ (22).

Bei der Lagerstätten erkundung wird den vorstehend genannten „sonstigen Gewinnungsgegebenheiten“ vielfach noch nicht das erforderliche Augenmerk geschenkt; es werden vielmehr vornehmlich nur die rohstofflichen Eigenschaften und die Vorräte der Vorkommen – „grade and size“ – erhoben.

2. Der erstgenannte Verfasser hat daher 1976 vorgeschlagen, die Vielzahl der für

<sup>2)</sup> Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Ende der Arbeit.

den Bergbau bedeutsamen geologischen Bedingungen gedanklich danach zu ordnen, ob sie Einfluß auf die Erlöse oder auf die Kosten bei der Gewinnung eines Rohstoffvorkommens nehmen (4).

Für die Erlöse ist die „Qualität“ bestimmend, welche die Gesamtheit der rohstofflichen Eigenschaften eines Vorkommens, einschließlich der Aufbereitbarkeit, umfassen soll<sup>3)</sup>. Die „Bonität“ wurde als ein Sammelbegriff für alle geologischen Faktoren umrissen, welche auf die Gewinnungskosten Einfluß nehmen. Dazu gibt die Tabelle 1 eine auf Kohle bezogene Zusammenstellung wieder (6).

3. Im einzelnen lagen dem Vorschlag vor allem folgende Überlegungen zu Grunde:

a) Sprache im allgemeinen sowie Fachsprache und Terminologie (als wissenschaftliche Systematik beim Aufbau eines Fachwortschatzes) im besonderen sind von grundlegender Bedeutung für wissenschaftliches und davon beeinflusstes praktisches Arbeiten. Kurze Fachworte haben die Aufgabe, längere Umschreibungen zu ersetzen.

b) Die beträchtliche Bedeutungszunahme der als „sonstige Gewinnungsgegebenheiten“ angesprochenen geologischen Bedingungen macht es zweckmäßig, durch die Prägung eines eigenen Fachwortes die Aufmerksamkeit auf diesen Sachverhalt zu lenken.

c) Der Ausdruck „Bonität“ findet sich in einer Definition, die der verwendeten ähnlich ist, bereits in anderen Zweigen der Urproduktion (13, 14, 15, 16)<sup>4)</sup>.

d) Auch mit Bergbaubezug war das Wort schon früher, soweit feststellbar zunächst von TILLESSEN (21) und dann von VON WAHL (23), benutzt worden. Allerdings bezog sich der Ausdruck hierbei auf den Erfolg und nicht nur auf die Kosten bei der Gewinnung. Er schloß somit qualitative Faktoren wie die „Haltigkeit“ bzw. den Gehalt ein<sup>5)</sup>.

e) Alle statt „Bonität“ erwogenen anderen Ausdrücke waren entweder bereits mit einer oder sogar mehreren Bedeutungen behaftet, wie z. B. „Gewinnbarkeit“ und „Abbaubarkeit“, oder zu lang und umständlich oder beides, wie „ingenieurgeologische Bedingungen“.

4. Tatsächlich hat im vergangenen Jahrzehnt der Ausdruck „Bonität“ im bergbaubezogenen Schrifttum bereits eine verhältnismäßig große Verbreitung in dem vorgeschlagenen Sinn gefunden. Allerdings ist das Verständnis nicht völlig einheitlich.

<sup>3)</sup> In der diesbezüglichen, auf Kohle bezogenen Darlegung heißt es hiezu: „Die Qualität eines Kohlenvorkommens bestimmt nicht nur weitgehend unmittelbar die erzielbaren Erlöse, sondern auch die Möglichkeiten, durch Aufbereitung und Veredlung der Kohlen hierauf Einfluß zu nehmen, sowie die dabei entstehenden Kosten. Die Aufbereitbarkeit ist praktisch ausschließlich eine Funktion der Qualität. Die Aufbereitungskosten hängen zusätzlich auch von der Größe eines Vorkommens ab“ (4). Dies trifft sinngemäß für alle Rohstoffe zu.

<sup>4)</sup> Der Ausdruck Bonität kommt von den lateinischen Wörtern bonus = gut sowie bonitas = Vortrefflichkeit, gute Beschaffenheit, Rechtschaffenheit. Generell versteht man daher im Wirtschaftsleben hierunter die Beschaffenheit von Waren bzw. deren Gütegrad und somit ein Synonym für Qualität. Daneben gibt es auch spezielle Bedeutungen. Außer denjenigen der Urproduktion betrifft dies insbesondere die im Bank- und Kreditwesen geläufige Bezeichnung für die Zuverlässigkeit von Personen und Unternehmen im Hinblick auf ihre Zahlungsfähigkeit und Zahlungswilligkeit.

<sup>5)</sup> Später hat VON WAHL eine mit derjenigen des erstgenannten Verfassers konforme Definition verwendet: „Vereinfacht wird unter ‚Qualität‘ die Summe der den Erlös (und die Veredlungsmöglichkeiten) beeinflussenden Faktoren, unter ‚Bonität‘ die Summe der Faktoren verstanden, welche sich auf den Abbau und seine Kosten erstrecken“ (24).

TABELLE 1: *Zusammenstellung von Faktoren der geologischen Bonität von Kohlenvorkommen*

1. Geometrische Bedingungen der Vorkommen, wie Ausdehnung, Zahl, Teufe, Abstand, Mächtigkeit, Einfallen und Streichen der Flöze; räumliche Lage großer Strukturelemente; Kleintektonik, Bergemittel, Nachfallpacken, Auswaschungen, Intrusionen, Vertaubungen, Erosionen und andere Verschmälerungen der Flöze; Daten zur Lithostratigraphie; Regelmäßigkeit der vorstehend genannten, geometrisch beschreibbaren Bedingungen des Vorkommens.
2. Geomechanische Bedingungen der Kohlenflöze und des bergmännisch bedeutsamen Nebengebirges (Deckgebirge, Hangendes und Liegendes der Flöze).
  - a) Daten aus der Überwachung von Explorationsbohrungen, wie Bohrfortschritt, Spülungsverlust, Bohrwerkzeugverschleiß, Kernausholen, RQD-Wert.
  - b) Petrographische Daten, wie Mineralbestand, natürliche Dichte, Porosität, Permeabilität der Gesteine einschließlich der Kohle.
  - c) Daten bodenmechanischer und gebirgsmechanischer Art zu den Gesteinen, wie Druckfestigkeit, Spaltzugfestigkeit, Elastizitätsmodul, Kriechverhalten, Härte, Abrasivität.
  - d) Daten zum Verbandsverhalten, wie Schichtung, Schieferung, Klüftung, Störungsbildung, Verformungsverhalten, Zerfallsverhalten.
  - e) Gebirgsdruck.
  - f) Regelmäßigkeit bzw. Unregelmäßigkeit der vorstehenden Faktoren.
3. Hydrologische Bedingungen im Bereich des Vorkommens, wie Zuflußhorizonte, Absenkungs- und Wiederanstiegsverhalten, Wasserfließrichtung, Grundwasserdynamik, Chemismus, Gasführung und Temperatur des Schichtwassers u. a.
4. Geochemische Bedingungen im Bereich des Vorkommens im weiteren Sinne, wie Gasführung des Gebirges, Selbstentzündungsgefahr der Kohle, Anteil pneumokonogener Bestandteile an den Gesteinen, Verwitterungsgefahr u. a.
5. Geothermische Bedingungen im Bereich des Vorkommens, wie Spezifische Wärme, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeausdehnungskoeffizient der Gesteine, ungestörte Gebirgstemperatur; geothermische Tiefenstufe u. a.

Dies hat – außer der weiterhin anzutreffenden mangelnden Abgrenzung zur „Qualität“ – auch die folgenden zwei Gründe.

Der erste Grund ist terminologischer Art und hängt mit der herkömmlich unterschiedlichen Bedeutung des Wortes „Gewinnung“ zusammen. Früher und daher auch im diskutierten Vorschlag hatte der erstgenannte Verfasser unter „Gewinnung“ im weiteren Sinne – d. h. im Gegensatz zur Gewinnung im herkömmlichen engeren Verständnis als reine Lösearbeit – noch ein Synonym für den „Bergbau“ im Anschluß an das Aufsuchen von Lagerstätten verstanden, d. h. einschließlich der Aufbereitung. In den vergangenen Jahren haben sich aber die Begriffsbestimmungen für „Gewinnen“ und „Aufbereiten“ eingebürgert, die zunächst für das österreichische Berggesetz 1975<sup>6</sup> formuliert und die dann ähnlich auch in das deutsche Bundesberggesetz 1980 übernommen worden sind.

Zum zweiten war die Begriffsbildung seit dem ursprünglichen Vorschlag Gegenstand der Diskussion mit Fachkollegen, darunter vor allem mit dem Freiburger Bergwirtschaftler BACHMANN. Dabei erwies es sich als zweckmäßig, die Größe eines Vorkommens – entsprechend der herkömmlichen Erhebung von „grade and size“ – nicht wie ursprünglich geschehen unter der „Bonität“ zu subsumieren, sondern als „Quantität“ getrennt anzusprechen (1).

5. Die nachstehenden Ausführungen beabsichtigen, auf ein einheitlicheres bergbaubezogenes Verständnis des vorgeschlagenen Ausdrucks hinzuwirken.

### Betriebswirtschaftliche Sachverhalte<sup>7</sup>)

6. Die wirtschaftlichen Ergebnisse von Produktionsbetrieben, d. h. deren Erfolge als Gewinn oder Verlust, lassen sich in Geldeinheiten je Zeiteinheit [GE/ZE] oder – wie nachstehend – in Geldeinheiten je Mengen-(Massen-)einheit [GE/ME] angeben:

$$ER = \frac{LEA}{AM} - \frac{AK}{AM} = LER - KR \quad [GE/ME] \quad (Gl. 1)$$

Dabei sind:

- AK . . . Abschnittskosten [GE/ZE]
- AM . . . Erzeugnismengen(-massen) [ME/ZE]
- ER . . . Erfolgsrate [GE/ME]
- KR . . . Kostenrate [GE/ME]
- LEA . . . Leistungsertrag [GE/ZE]
- LER . . . Leistungsertrag [GE/ME]

Die Leistungserträge eines Betriebes (LEA bzw. LER) sind entweder Erlöse, d. h. Verkaufspreise für marktfähige Produkte, oder daraus abgeleitete innerbetriebliche Verrechnungspreise.

<sup>6</sup>) „§ 1. Im Sinne dieses Berggesetzes ist . . .

2. ‚Gewinnen‘ das Lösen oder Freisetzen mineralischer Rohstoffe und die damit zusammenhängenden vorbereitenden, begleitenden und nachfolgenden Tätigkeiten;

3. ‚Aufbereiten‘ das Zerkleinern mineralischer Rohstoffe und deren Trennen in physikalisch unterscheidbare Phasen und Merkmalsklassen, besonders das Anreichern der erlösbringenden Anteile in Konzentraten mittels physikalischer und hydrometallurgischer Verfahren, sowie das sortengerechte Zusammensetzen;“ (18).

<sup>7</sup>) Die Verfasser folgen in den die Kosten betreffenden Darlegungen dieses Abschnitts insbesondere OBERHOFER (17), wobei jedoch einige Formelzeichen geändert wurden.

7. Der als Erlös vom Produzenten frei Produktionsbetrieb erzielte Leistungsertrag LER entspricht dem Marktpreis dieses Produktes abzüglich der Transportkosten zwischen Produktionsstätte und Markt.

Bei gleichartigen Produkten mit unterschiedlichen Qualitäten bzw. Verarbeitungseigenschaften entstehen die Preise auch in Abhängigkeit von diesen Guteseigenschaften. In solchen Fällen unterscheiden sich die Preise im Ausmaß eines entsprechenden Korrekturfaktors  $q \cong 1$ . Den Faktor 1 hat der Preis des Produktes mit der Standardqualität.

Demgemäß kann man schreiben:

$$\text{LER} = q \cdot \text{PR} - \text{KR}_T \quad [\text{GE/ME}] \quad (\text{Gl. 2})$$

Dabei sind:

PR . . . Marktpreis [GE/ME]

$\text{KR}_T$  . . . Kostenrate für Transport (Transportkosten) [GE/ME]

$q$  . . . Qualitätsfaktor [-]

8. Innerbetriebliche Verrechnungspreise als Leistungserträge können im Falle von mehreren Betriebsstufen aus den Erlösen der letzten Betriebsstufe und damit des Endproduktes abgeleitet werden (Pretialrechnung). Im Prinzip bedeutet dies nur die Fortsetzung der gleichfalls stufenweise erfolgenden Preisbildung auf dem Markt. Dies trifft jedenfalls für alle Produkte der Urproduktion zu, die ihrerseits wiederum Produktionsfaktoren<sup>8)</sup> anderer Produktionen sind. Die Nachfrage nach Produktionsfaktoren ist nicht originär, sondern „abgeleitet aus Wunsch und Nachfrage der Konsumenten nach Fertiggütern“ (19).

9. Die Kosten eines Produktionsbetriebes sind der bewertete Verbrauch der Produktionsfaktoren. Die Abschnittskosten AK ergeben sich entsprechend gemäß folgender Grundgleichung:

$$\text{AK} = M_1 \cdot p_1 + M_2 \cdot p_2 + \dots + M_n \cdot p_n = \sum_{i=1}^n M_i \cdot p_i \quad [\text{GE/ZE}] \quad (\text{Gl. 3})$$

Dabei bedeuten:

$M_i$  . . . Mengen der benötigten  $n$  Produktionsfaktorarten [FE/ZE],  $i = (1, 2, \dots, n)$

$p_i$  . . . Preise der benötigten  $n$  Produktionsfaktorarten [GE/FE],  $i = (1, 2, \dots, n)$

FE . . . Faktormengeneinheiten

Demgemäß sind die Kosten eine Funktion des Mengengerüstes nach Faktorarten und Faktormengen sowie der Faktorpreise.

10. Für die weitere Betrachtung ist es von Belang, daß die Höhe der Kosten und das Ausmaß ihrer Veränderungen vom Zusammenspiel zahlreicher Einflußgrößen bestimmt werden.

Die Preise  $p_i$  für die Produktionsfaktoren hängen vom Beschaffungssektor ab; sie brauchen hier nicht weiter erörtert zu werden.

Als Einflußgrößen  $x_{ij}$  bezüglich Art und Menge der Produktionsfaktoren sind neben Betriebsgröße und Kapazitätsausnutzung auch eine große Zahl von Werten

<sup>8)</sup> Produktionsfaktoren: „Bezeichnung der zur Produktion verwendeten Güter materieller und immaterieller Art, deren Einsatz für das Hervorbringen anderer wirtschaftlicher Güter aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen notwendig ist“ (14). Die Produktionsfaktoren lassen sich nach folgenden Kostenartengruppen gliedern: Personalkosten, Stoffkosten, Sachkosten, Kapitalkosten, überbetriebliche Kosten, Steuern und Abgaben.

von Belang, die unter der Sammelbezeichnung der Faktorqualität angesprochen werden können. Diese spielen die ausschlaggebende Rolle in unserem Zusammenhang.

Das Einflußgefüge ist außerordentlich komplex. Als Ansatz kann das folgende Gleichungssystem dienen:

$$M_i = f(x_{ij}), i = (1, 2, \dots, n), j = (1, 2, \dots, m) \quad (\text{Gl. 4})$$

oder

$$M_1 = f(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m})$$

$$M_2 = f(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2m})$$

⋮

$$M_n = f(x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nm})$$

Die Einflußgrößen  $x_{ij}$  „sind der zahlenmäßige Ausdruck einer Kostenverursachung, die mit ihrem Wirksamwerden allein oder zusammen mit mehreren einen Verbrauch desselben Produktionsfaktors bewirken“ (17).

Zum Beispiel sei in einem Streckenvortrieb der für die Bohrarbeit erforderliche Stromverbrauch  $M_1$ , der Bohrschneidenverbrauch  $M_2$  und der Sprengstoffverbrauch  $M_3$ . Ferner sei  $x_{i1}$  der Streckenquerschnitt,  $x_{i2}$  die Art des Bohrgezähes und  $x_{i3}$  die Gesteinsfestigkeit. Dann werden alle genannten Verbräuche  $M_1 \dots M_3$  von allen genannten Einflußgrößen  $x_{i1} \dots x_{i3}$  mitbestimmt.

Sehr wesentlich ist, daß die Faktormengenverbräuche auch untereinander in einer Abhängigkeit stehen können. So beeinflusst im genannten Beispiel der Sprengstoffverbrauch den Bohrschneidenverbrauch und dieser wieder den Stromverbrauch.

Demgemäß muß das Gleichungssystem allgemein lauten:

$$M_1 = f(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m}, M_2, M_3, \dots, M_n)$$

$$M_2 = f(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2m}, M_1, M_3, \dots, M_n)$$

⋮

$$M_n = f(x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nm}, M_1, M_2, \dots, M_{n-1})$$

Setzt man diese Funktionen in (Gl. 3) ein, so wird die Schwierigkeit, zu quantitativen Lösungen zu gelangen, einleuchtend. Bei OBERHOFER heißt es zum Abschluß der diesbezüglichen Erörterungen: „Die Schwierigkeit bei einer solchen Ansatzfindung ist die Erkennung der Einflußgrößen und die Ermittlung der Koeffizienten. So werden Kostenfunktionen und die Wirkung von Einflußgrößen auf Kosten in der Praxis nach Methoden der Statistik und Logik ermittelt“ (17)<sup>9)</sup>.

11. Die (Gl. 1) kann nach den Darlegungen der Textziffern 7. und 9. wie folgt geschrieben werden:

$$ER = q \cdot PR - KR_T - \frac{AK}{AM} = q \cdot PR - KR_T - \frac{1}{AM} \cdot \sum_{i=1}^n M_i \cdot p_i \quad \left[ \frac{\text{GE}}{\text{ME}} \right] \quad (\text{Gl. 6})$$

<sup>9)</sup> In den USA sind sog. „engineering production functions“ bekannt, „die eine Analyse des Faktorverbrauchs und des Kostenverlaufs begrenzter Teile des Kombinationsprozesses mit Hilfe technisch-physikalischer Gesetzmäßigkeiten unter Berücksichtigung aller wirksamen Kostenbestimmungsfaktoren zum Inhalt haben“ (14).

## Zum Boden als Produktionsfaktor der Urproduktion

12. Seit den Klassikern der Wirtschaftswissenschaften ist die Auffassung geläufig, daß sich alle Produktionsfaktoren und damit auch das Einkommen einer Volkswirtschaft auf drei Grundfaktoren (bzw. Produktionsfaktoren im volkswirtschaftlichen statt im betriebswirtschaftlichen Sinne) zurückführen lassen: 1. Arbeit, 2. Boden, 3. Kapital. Jeder dieser Produktionsfaktoren kann in unterschiedlicher Beschaffenheit bzw. mit unterschiedlichen Eigenschaften vorliegen.

13. Schon im klassischen Sinne ist unter „Boden“ nicht nur die Bodenfläche, sondern ein Sammelbegriff für alle von der Natur bereitgestellten wirtschaftlichen Güter verstanden worden<sup>10)</sup>. Damit waren die Bodenfruchtbarkeit für Flora und Fauna – und damit auch das zugehörige Klima – ebenso angesprochen wie die Bodenschätze. Die wichtigsten Eigenschaften des „Bodens“ sind seine Unvermehrbarkeit und seine daraus abgeleitete Knappheit.

14. Jede Art von Produktion benutzt den Boden als „Unterlage“. Die Zweige der Urproduktion haben darüber hinaus in dreifacher Hinsicht ein besonderes Verhältnis zum Boden<sup>11)</sup>.

Zum ersten ist bei ihnen der immobile Boden unmittelbar Produktionsfaktor. Die Land- und Forstwirtschaft baut auf dem Boden an, der Bergbau baut ihn ab. Zum zweiten ist die Faktorqualität des Bodens so breit gestreut wie die Natur selbst. Zum dritten sind die diesbezüglichen Eigenschaften zu einem großen Teil unveränderbar vorgegeben (z. B. Klima und Topographie von Böden, Gesteinhärte und Einfallen von Lagerstätten). In der anschließenden Weiterverarbeitung stehen dagegen zunehmend homogenisierte Stoffe zur Verfügung.

Beim Boden als Produktionsfaktor der Urproduktion ist daher jedenfalls die Bedeutung unveränderlicher Naturgegebenheiten weitaus größer als bei den stofflichen Produktionsfaktoren der übrigen Wirtschaft.

15. Auf Grund der dargelegten Zusammenhänge werden dem Boden seit MALTHUS (1766–1834) und RICARDO (1772–1823) Bodenrenten zugesprochen. Sie gelten als Einkommen aus dem Besitz von Grund und Boden. „Rent is that portion of the earth which is paid to the landlord for the use of the original and indestructible powers of the soil“ (RICARDO) (20)<sup>12)</sup>.

Zur Erläuterung sei von einem gegebenen Marktpreis  $q \cdot PR$  [GE/ME] ausgegangen und davon, daß die Abschnittskosten  $AK$  eines Betriebes der Urproduktion sowohl die Arbeitskosten als auch die Verzinsung des betriebsnotwendigen Kapitals – darunter des Kaufpreises für den Boden – sowie das kalkulatorische Wagnis und den

<sup>10)</sup> „Natur und Arbeit, die beiden einzigen direkten Güterquellen“ heißt es daher auch in der 1849 veröffentlichten Schrift „Bergwirtschaftslehre“ des Wiener Montanisten OTTO VON HINGENAU (9). MARX spricht in diesem Zusammenhang nicht nur von der Natur als Arbeitsgegenstand, sondern auch von „Naturkraft“, durch welche „gesellschaftliche Produktionskraft“ kompensiert werden kann (1).

<sup>11)</sup> Als Urproduktion gilt im Gegensatz zur Ver- und Bearbeitung von Rohstoffen und Zwischenprodukten die Gewinnung von materiellen Gütern unmittelbar aus der Natur. Im allgemeinen werden dazu die Land- und Forstwirtschaft, die Fischerei und der Bergbau gezählt. Streng genommen gehört auch jede wirtschaftliche Nutzung von Luft (z. B. Stickstoffproduktion) und von Wasser (z. B. Wassergewinnung, Wasserkraft) dazu.

<sup>12)</sup> Bodenrenten werden vor allem als Differentialrenten verstanden. Diese sind: „Zusätzliches Einkommen, das auf Grund unterschiedlicher Produktionskosten den Produzenten mit den geringeren Durchschnittskosten zufließt, sofern der Marktpreis gleich den Grenzkosten des am ungünstigsten produzierenden Unternehmens ist“ (15).

Unternehmerlohn in angemessener Höhe einschließen. Der dann gegebenenfalls verbleibende positive Erfolg ER entspricht der Bodenrente. Gemäß (Gl. 6) kann diese als Lagerrente infolge unterschiedlicher Transportkosten  $KR_T$  [GE/ME], oder – bei optimaler Intensität der Bearbeitung des Bodens – als Rente infolge unterschiedlicher „Fruchtbarkeit“ und damit auf Grund einer unterschiedlichen Kostenrate für die Erzeugung AK/AM [GE/ME] entstehen (Ricardian Rent).

16. Bereits von RICARDO und später u. a. auch von MARX ist darauf hingewiesen worden, daß die gleichen Zusammenhänge auch für den Bergbau gelten; statt von Bodenrente wird dann auch von Bergwerksrente gesprochen (10, 12).

### Zur Bonität in den biotechnischen Zweigen der Urproduktion

17. Die in Textziffer 15. genannte, auf unterschiedlicher „Fruchtbarkeit“ von Boden beruhende Rente wird im Deutschen auch als Bonitätsrente bezeichnet (14). Dem entspricht das generelle Verständnis des Ausdrucks Bonität in den Zweigen der Urproduktion, die nutzbare Biomasse erzeugen. Der Ausdruck gilt als Kennzeichen für das von naturgegebenen Faktoren bestimmte Produktionspotential eines Standorts bezogen auf ein homogenes Produkt.

18. Der Einfluß der Bodenbonität auf den wirtschaftlichen Erfolg in den betrachteten Wirtschaftszweigen kann zwar einheitlich als unterschiedliche „Fruchtbarkeit“ angesprochen werden, er ist aber prinzipiell von zweierlei Art (s. Gl. 6). Zum ersten bestimmen gewisse Größen der Bonität (z. B. Klimawerte) unmittelbar das natürliche Wachstum eines gewählten Produkts und damit die Erzeugnismengen eines Zeitabschnittes AM. Zum zweiten hängen von anderen Größen der Bonität (z. B. der Geländeneigung) auch maßgeblich der optimale Faktoreinsatz für die Bodenbearbeitung sowie für das Pflanzen und das Ernten in dem jeweiligen Zeitabschnitt und damit die Abschnittskosten AK ab.

19. Unter Bodenbonitierung wird eine Bodenbeurteilung und eine Einteilung des Bodens in Bonitätsklassen verstanden. Dies kann auf zweierlei Weise erfolgen, zum ersten durch die direkte quantitative Angabe von Erträgen je Flächen- bzw. Zeiteinheit, wie in der Forstwirtschaft und auch in der Fischerei, zum zweiten durch eine Erfassung der für die Erträge maßgeblichen mit einem Standort verbundenen Einflußgrößen, wie insbesondere in der Landwirtschaft<sup>13</sup>).

20. Zusammenfassend sind folgende Aussagen zu der betrachteten Bonität von Belang, wobei auf (Gl. 6) Bezug genommen wird:

a) Die mit der Gleichung betrachteten Produktionsbetriebe befassen sich aus-

<sup>13</sup> In der Forstwirtschaft stellt man zumeist entweder „die tatsächliche Ober- und Mittelhöhe (der Bäume) in vollen Metern in einem bestimmten Alter“ als „absolute Höhenbonität“ fest oder die durchschnittlichen Zuwachsraten der Bäume in Festmetern je Jahr bis zum Umtriebsalter oder bis zum Alter von 100 Jahren als „Leistungsbonität“. Als Prämisse gilt: „Je besser die standörtlichen Wachstumsbedingungen sind, umso schneller wächst unter sonst gleichen Bedingungen ein Bestand in die Höhe“ (2). Im Hinblick auf die „sonst gleichen Bedingungen“ ist die Bonitierung immer nur für eine bestimmte Baumart und gegebenenfalls auch deren Provenienz möglich. Die fischereiwirtschaftliche Bonität von Gewässern wird entweder unmittelbar durch die Fischerträge je ha und Jahr erhoben, oder durch chemisch-biologische Untersuchungen (11, 16). Der in der Landwirtschaft herkömmlichen Einteilung des Bodens in Bonitätsklassen für steuerliche Zwecke liegt eine Erhebung von dimensionslosen Wertzahlen zu Grunde, wobei zwischen Grünland und Acker unterschieden wird. Die Wertzahlen beziehen sich auf Bodenbeschaffenheit, Geländegestaltung, Klima und Wasserverhältnisse.

schließlich mit Urproduktion. Eine Weiterverarbeitung der mobilen Bodenprodukte ist nicht inbegriffen.

b) Art und Qualität der Produkte werden durch die Wahl der jeweiligen Biomasse – wie z. B. der Art und Provenienz der Bäume oder Fische – vorgegeben. Die dargelegten Bedeutungen des Wortes Bonität beziehen daher auch ausdrücklich die Produktqualitäten und damit den diesbezüglichen dimensionslosen Faktor  $q$  in der (Gl. 6) (s. auch Textziffer 7.) nicht ein.

c) Die Marktpreise  $PR$  und die Transportkosten  $KR_T$  für die Produkte sind von der Bonität unabhängig.

d) Der Ausdruck Bonität stellt einen Sammelbegriff für alle von der Natur gegebenen Einflußgrößen dar, die sich auf die Abschnittskosten  $AK = \sum_{i=1}^n M_i \cdot p_i$  [GE/ZE] und auf die Erzeugnismengen  $AM$  [ME/ZE] auswirken. Die Bonität ist umso besser, je kleiner der Quotient  $AK/AM$  ist.

e) Unter den Faktorarten  $i$  ist auch der Boden selbst als Fläche mit bestimmter Faktorqualität enthalten<sup>14)</sup>.

### Qualität, Quantität und Bonität von Lagerstätten

21. Bergbau ist das Aufsuchen und Gewinnen von Lagerstätten mineralischer Rohstoffe sowie das Aufbereiten des Lagerstätteninhalts zu marktfähigen Produkten. Demgemäß besteht der Bergbau aus drei Teilprozessen. Lagerstätten und ihr Inhalt sind der Arbeitsgegenstand dieser Prozesse<sup>15)</sup>.

Das „Aufsuchen“ von Lagerstätten entspricht dem Erwerb von Boden. Die Kosten für das Aufsuchen kommen im Preis für den Produktionsfaktor Lagerstätte zum Ausdruck.

Das „Gewinnen“ ist die eigentliche Urproduktion im Bergbau. Immobile Stoffe der Natur werden dabei in mobile Güter übergeführt.

Der Teilprozeß „Aufbereiten“ nimmt eine spezifische Stellung in unserem Zusammenhang ein. Einerseits ist das Aufbereiten – streng genommen – keine Urproduktion, sondern bereits Weiterverarbeitung. Dem entspricht, daß die Aufbereitung nicht an den Gewinnungsstandort gebunden sein muß, daß sie mit anderen Stufen der Weiterverarbeitung kombiniert sein kann und daß es in Ausnahmefällen sogar möglich ist, ganz auf sie zu verzichten (Naturschotter für Straßenbau, Förderkohle für Kraftwerk). Andererseits besitzt aber in sehr vielen Fällen das Produkt der Gewinnung keinen Marktwert, sondern erst dasjenige der anschließenden Aufbereitung. Dann ist Gewinnung ohne eine anschließende Aufbereitung nicht möglich. Bei

<sup>14)</sup> Als Faktorpreis kommt allerdings nur die Verzinsung des Kaufpreises in Betracht, da der Boden normalerweise keiner Abnutzung unterliegt, die nicht durch technische Maßnahmen, insbesondere Düngung, laufend ausgeglichen werden könnte.

<sup>15)</sup> Die ÖNORM G 1041 definiert als Lagerstätte: „Geologischer Körper, in dem ein mineralischer Rohstoff oder mehrere mineralische Rohstoffe angereichert vorliegen und der für eine wirtschaftliche Nutzung in Frage kommen kann.“ – Als mineralische Rohstoffe sind dabei – im allgemeinen mit Ausnahme des Wassers – alle Bestandteile der unbelebten Natur zu verstehen, nach denen eine Nachfrage besteht. Die Nachfrage ist aus dem Bedarf von Fertigprodukten abgeleitet. – Die Überlegungen dieser Arbeit zu Qualität, Quantität und Bonität gelten sowohl für Lagerstätten als auch für die Vorkommen. – Zum Unterschied von Lagerstätten und Vorkommen sei auf die Literatur (5, 6, 8) verwiesen, darunter auf einen Beitrag zur Festschrift anlässlich der Vollendung des 70. Lebensjahres von W. E. PETRASCHECK.

manchen metallischen Rohstoffen sind sogar die als Konzentrat anfallenden Aufbereitungsprodukte noch nicht Gegenstand einer Preisbildung auf dem Rohstoffmarkt, sondern erst die Metalle selbst.

22. Demgemäß ist es das „Gewinnen“, aus dem sich die Wesenszüge des Bergbaus im Vergleich zu den übrigen Zweigen der Urproduktion herleiten. Zwei Sachverhalte stehen dabei im Vordergrund.

a) Die Art und weitgehend auch die Qualität der gewinnbaren Stoffe ist von der Natur in Gestalt von Lagerstätten vorgegeben.

b) Eine Lagerstätte kann nur einmal gewonnen werden<sup>16)</sup>.

Daraus ergeben sich nachstehende Aussagen zu „Qualität“ und „Quantität“ von Lagerstätten und zu deren Abgrenzung von der „Bonität“.

23. Der Bergbau kann die Qualität seiner Produkte nur begrenzt beeinflussen. Die Qualität der Produkte ist vielmehr auf das engste mit zahlreichen rohstoffbezogenen Merkmalen einer Lagerstätte verbunden. Demgemäß ist es zweckmäßig, bereits von der „Qualität“ einer Lagerstätte bzw. eines Vorkommens mineralischer Rohstoffe zu sprechen.

Zur „Qualität“ gehören alle geologisch gegebenen Merkmale eines Vorkommens, die in das Produkt der Gewinnung, d. h. in das Rohgut, eingehen und die für dessen weitere Verwendung von Bedeutung sind. Für einen gegebenen Rohstoff lassen sich diese Merkmale in folgende eng miteinander verknüpfte Gruppen gliedern:

a) die rohstofflichen Eigenschaften, die im weiteren auch in die Bergbauprodukte übergehen und damit erlösbestimmend wirken, wie z. B. die Weiße von Talkum, die Blähfähigkeit von Ton, der Heizwert oder der Schwefelgehalt von Kohle u. v. a. m.,

b) der das Rohgut bestimmende Anreicherungsgrad des Rohstoffs bzw. Wertstoffs in der Lagerstätte, wie insbesondere der Metallgehalt von Erzen (nicht jedoch dessen räumliche Verteilung),

c) die das Rohgut bestimmende Aufbereikbaarheit des Lagerstätteninhalts.

Das Rohgut ist der wichtigste Produktionsfaktor für den bergbaulichen Teilprozeß der Aufbereitung. Zu seiner Faktorqualität gehört die Aufbereikbaarheit, die sowohl auf die physischen Aufbereitungsergebnisse als auch auf die Aufbereitungskosten Einfluß nimmt<sup>17)</sup>.

24. Lagerstätten haben also, anders als der vergleichbare Produktionsfaktor Boden der Land- und Forstwirtschaft, originäre Merkmale qualitativer Art, die sich unmittelbar in den Produkten der Urproduktion wiederfinden. Umso zweckmäßiger ist es, sprachlich diejenigen Lagerstätteneigenschaften dagegen abzusetzen, die sich ausschließlich auf die Urproduktion selbst beziehen, also auf den Gewinnungsprozeß. Der Ausdruck „Bonität“ ist daher auch nur auf die „Faktorqualität“ der Lagerstätte als Produktionsfaktor der Gewinnung zu beziehen.

25. Als „Quantität“ oder Vorrat ist die Masse eines für die Gewinnung vorgesehenen Lagerstättenkörpers anzusehen. Dem entspricht, daß die Vorräte einer in der

<sup>16)</sup> Als Ausnahmen oder Grenzfälle können die Gewinnung mineralischer Rohstoffe aus dem Meer und auch die Guanoerzeugung angesehen werden.

<sup>17)</sup> In einem Vortrag „Neue Wege zur rechnerischen Handhabung aufbereitungstechnischer Grundoperationen“, Leoben 25. 10. 1985, hat der Leobener Ordinarius für Aufbereitung, H. J. STEINER, unlängst neue Ansätze in diesem Zusammenhang vorgestellt.

Erdkruste vorhandenen Anreicherung mineralischer Rohstoffe keine originäre geologische Größe sind. Sie ergeben sich vielmehr erst mit Hilfe bergwirtschaftlicher Überlegungen aus der Geometrie dieser Anreicherung und das bedeutet aus der Geometrie der Verteilung ihrer qualitativen Merkmale. Die Vorräte leiten sich entsprechend aus primären geologischen Gegebenheiten ab, die teils zur „Qualität“ und teils zur „Bonität“ einer Lagerstätte zählen. Dies kommt sowohl in der Festlegung von Grenzteufen und Grenzmächtigkeiten als auch in der häufig vorliegenden Problematik der Ermittlung des bergbaulichen Grenzgehaltes (cut-off-grade) zum Ausdruck.

26. Damit hängt zusammen, daß das Vorhandensein und die Anordnung von Lagerstättenteilen unterschiedlicher Qualität ein wesentliches Bonitätsmerkmal ist. Schlechte diesbezügliche Bonität wirkt sich vor allem aus, wenn die Gewinnung selektiv betrieben werden muß, um ein Rohgut gleichmäßiger Qualität zu produzieren. Selektive Gewinnung ist in der Regel mit höheren Kosten verbunden als eine solche, die auf Qualitätssteuerung keine Rücksicht zu nehmen braucht.

27. Aus der „Quantität“ werden die Faktormengen des Produktionsfaktors Lagerstätte für den bergbaulichen Teilprozeß der Gewinnung in einem bestimmten Zeitabschnitt entnommen. Die bergbauliche Gewinnung beschränkt sich daher, verglichen mit den entsprechenden Produktionsprozessen in anderen Zweigen der Urproduktion, d. h. mit Bodenbearbeiten, Pflanzen, Wachsenlassen, Ernten, nur auf das „Ernten“ und gegebenenfalls noch auf das „Bodenbearbeiten“, z. B. durch Entwässern.

28. Für die bergbauliche Gewinnung ist somit auch von den zwei in Textziffer 18. genannten Arten der Einflußnahme natürlicher Gegebenheiten nur die zweite Art von Belang. Sie betrifft den Einfluß der Lagerstättegegebenheiten auf die je Zeitabschnitt einzusetzenden Faktormengen und damit auf die Abschnittskosten der Gewinnung.

Die damit angesprochenen Lagerstättegegebenheiten bilden die „Faktorqualität“ des Produktionsfaktors Lagerstätte für den bergbaulichen Teilprozeß der Gewinnung. Diese „Faktorqualität“ der Lagerstätte stellt ihre „Bonität“ dar.

29. Die dargelegten Zusammenhänge lassen sich aus der nachstehenden, aus (Gl. 6) abgeleiteten Gleichung für den Erfolg von Bergbaubetrieben ansehen. Die Schreibweise soll dies hervorheben. Die Erklärung der Formelzeichen findet sich in der Tabelle 2.

$$\begin{aligned}
 ER = & \left( g_P \cdot q \cdot PR - KR_V - KR_T \right) =_{LER} \\
 & - \left[ \frac{1}{AM_H \cdot g_R \cdot (1-d)} \cdot \left( \sum_{i=1}^n M_{Ai} \cdot p_i \right) \cdot \frac{g_P}{m} \right] =_{KR_A} \\
 & - \left\{ \frac{1}{v} \cdot \frac{Y}{R \cdot \left( \frac{1-l}{1-d} \right)} \cdot \sum_{i=1}^n M_{Gi} \cdot p_i \right\} =_{KR_G} \quad [GE/PE] \quad (Gl. 7)
 \end{aligned}$$

wobei:

$$AM_H = \frac{R \left( \frac{1-l}{1-d} \right)}{Y} \quad [ME/ZE] \quad (\text{Gl. 7a})$$

30. Der Gleichung liegen die folgenden Voraussetzungen und für unsere Zwecke zulässigen Vereinfachungen zu Grunde.

a) Die Gleichung gilt nur für Bergbaubetriebe mit einem Wertstoff (Einproduktbetriebe).

b) Als Wertstoff wird derjenige Stoff bezeichnet, der die Preisbildung für das Verkaufsprodukt des Bergbaus bestimmt. Einen Sonderfall bildet z. B. Kraftwerkskohle, bei der der Wärmeinhalt Verrechnungsbasis ist.

c) Die ausgewiesenen Daten für Erfolg ER, Leistungsertrag LER und Kostenrate KR beziehen sich jedoch stets auf das Verkaufsprodukt des Bergbaus frei Bergbaubetrieb, sei es z. B. das Konzentrat eines Metallerzbergbaus oder der unaufbereitet verkaufte Kies einer Schottergrube. Die Gleichung ist so gehalten, daß alle diesbezüglich möglichen Fälle erfaßt werden.

d) Alle betrachteten Größen betreffen Durchschnittsangaben über die Lebensdauer der Bergbaubetriebe. Soll eine Betrachtung der einzelnen Abschnitte angestellt werden, so ist die (Gl. 7a) entsprechend in die geschweifte Klammer der (Gl. 7) einzusetzen. In diesem Fall sind die Größen auf Zeitabschnitte bezogen.

e) Die Gleichung weist nur die Kostenraten für die bergbaulichen Teilprozesse des Gewinnens  $KR_G$  und des Aufbereitens  $KR_A$  aus. Die Kostenrate für das Aufsuchen ist im Preis des Produktionsfaktors Lagerstätte erfaßt. Die Lagerstätte ist daher auch anteilig als bewerteter Faktoreinsatz  $M_{Gi} \cdot p_i$  in dem Ausdruck für die Abschnittskosten der Gewinnung  $\sum_{i=1}^n M_{Gi} \cdot p_i$  enthalten.

f) Lagerstätteninhalt, Taubmaterial, Rohhauwerk (= Rohgut) und Bergbauprodukt sind in gleichen Masseneinheiten [ME] (z. B. als metrische Tonnen) angegeben. Im Falle des Bergbauproduktes einschließlich von Konzentraten werden die Masseneinheiten stets als Produkteinheiten [PE] bezeichnet. Der Wertstoffinhalt eines Bergbauproduktes wird in Wertstoffeinheiten [WE] gemessen.

g) Alle Verhältniszahlen sind in Anteilen (z. B. 0,8) statt in Prozent (z. B. 80%) zu verstehen.

h) Die Verdünnung  $d$ , die der Lagerstätteninhalt im Zuge seiner Gewinnung erfahren kann, betrifft ausschließlich Taubmaterial.

i) In Übereinstimmung mit Textziffer 10. enthält die Formel voneinander abhängige Variable. Sie gilt daher nur für einen vollständig geplanten oder ablaufenden Betriebsprozeß, d. h. für eine jeweils alle anderen Fälle ausschließende Faktorkombination.

31. In der in runde Klammern gesetzten Beziehung für den Leistungsertrag LER finden sich die Größen  $q$ , PR und  $KR_T$  der (Gl. 2) und (Gl. 6) wieder. Der Ausdruck  $g_p \leq 1$  steht für den Wertstoffgehalt des Bergbauproduktes [WE/PE]; kleiner als 1 ist er bei Konzentraten. Hat nur der Konzentratinhalt einen Marktpreis

TABELLE 2: Formelzeichen zu den Gleichungen 7 und 7a

	Formelzeichen	Bedeutung	Dimension	Zusammenhänge und Bemerkungen
Einheiten		Faktorengeneinheit	[FE]	z.B. Tonnen, Stück, kWh etc.
		Geldeinheit	[GE]	
		Masseneinheit	[ME]	
		Produkteinheit	[PE]	Die Masseneinheit des Bergbauproduktes (z.B. Konzentrat) wird mit [PE] bezeichnet.
		Wertstoffeinheit	[WE]	Die Einheit des Wertstoffes (z.B. Metall im Konzentrat in [t], Wärme-einheiten in Kraftwerkskohle in [J]) wird mit [WE] bezeichnet.
		Zeiteinheit	[ZE]	Zeitschnitt
Auf Masseinheiten be- zogene Größen (Raten)	ER	Erfolg	[GE/PE]	Erfolg in Geldeinheiten je Produkteinheit
	KR <sub>j</sub>	Kostenrate	[GE/PE]	Kosten in Geldeinheiten je Produkteinheit
	Indizes j: A G T V	Aufbereitung Gewinnung Transport Verarbeitung		Definition gemäß Berggesetz 1975 (s. Fußnote 6) Definition gemäß Berggesetz 1975 (s. Fußnote 6) Zwischen Bergbau und Verarbeitungsbetrieb bzw. Markt z.B. Verhüttung
	PR	Marktpreis	[GE/WE] [GE/PE]	Marktpreis des Rohstoffes für Standardqualität
	p	Faktorpreise	[GE/FE]	
	LER	Leistungsertrag	[GE/PE]	Ertrag in Geldeinheiten je Produkteinheit
Auf Zeitschnitte bezogene Größen	LEA		[GE/ZE]	Ertrag in Geldeinheiten je Zeitabschnitt
	AK <sub>j</sub>	Abschnittskosten	[GE/ZE]	Kosten in Geldeinheiten je Zeitabschnitt
	Indizes j: A G	Aufbereitung Gewinnung		
	AM <sub>j</sub>	Massen		Masseneinheiten je Zeitabschnitt (Abschnittsmassen)
	Indizes j: D H L P R	Verdünnungsmaterial Rohhauwerk Gewinnungsverlust Bergbauprodukt Anstehender Vorrat	[ME/ZE] [ME/ZE] [ME/ZE] [PE/ZE] [ME/ZE]	Produkt der Gewinnung = Aufgabe der Aufbereitung: $AM_H = AM_R - AM_L + AM_D$  $AM_R =$ Verzehr an anstehendem Vorrat je Zeitabschnitt
	M <sub>j</sub> Indizes j: A G	Faktormengen Aufbereitung Gewinnung	[FE/ZE]	
Für Gewinnung und Aufbereitung bedeutsame Größen	d	Verdünnung	[-]	$d = \frac{D}{R - L + D}$ bzw. $d = \frac{AM_D}{AM_R - AM_L + AM_D} = \frac{AM_D}{AM_H}$
	g <sub>j</sub> Indizes j: H L P R	Gehalt Rohhauwerk Gewinnungsverlust Bergbauprodukt Anstehender Vorrat	[WE/ME] [WE/ME] [WE/PE] [WE/ME]	$g_H = g_R(1 - d)$ $g_L = g_R$ $g_P = \frac{g_R \cdot (1 - d) \cdot m}{v}$
	l	Gewinnungsverlust	[-]	$l = \frac{L}{R}$ bzw. $l = \frac{AM_L}{AM_R}$
	m	Wertstoffausbringen der Aufbereitung	[WE/WE]	In Anteilen ausgedrücktes Verhältnis des Wertstoffinhaltes eines Aufbereitungsproduktes zum Wertstoffinhalt des Aufgabegutes (vgl. ÖNORM G 1041).
	q	Faktor	[-]	Korrekturfaktor für Zu- oder Abschläge bei wertsteigernden oder wertmindernden Bestandteilen im Rohstoff und für verarbeitungsbedingte Verluste.
	v	Masseausbringen der Aufbereitung	[PE/ME]	In Anteilen ausgedrücktes Verhältnis der Masse eines Aufbereitungsproduktes zur (ursprünglichen) Masse des Aufgabegutes (vgl. ÖNORM G 1041).
	D	Taubes Verdünnungsmaterial	[ME]	Summe des tauben Verdünnungsmaterials über die Lebensdauer Y
	L	Gewinnungsverlust	[ME]	Summe der Gewinnungsverluste über die Lebensdauer Y
	R	Anstehender Vorrat	[ME]	Quantität
	Y	Lebensdauer des Bergbaus	[ZE]	

$q \cdot PR$ , so gehen in die Ermittlung des Leistungsertrages des Bergbaubetriebes auch die Verarbeitungskosten  $KR_V$  (Hüttenlohn) für das Konzentrat ein.

32. Die in eckige Klammern gesetzte Beziehung gibt die hier anzusprechenden Zusammenhänge bei der Kostenrate der Aufbereitung  $KR_A$  wieder. Gegenstand der Aufbereitung sind das aufgegebene Rohhauwerk  $AM_H$  [ME/ZE] und sein Wertstoffgehalt. Dieser Gehalt wird durch den Wertstoffgehalt  $g_R$  des gewonnenen Vorrats und durch dessen allfällige, bei der Gewinnung eintretende Verdünnung  $d$  bestimmt.

Die Abschnittskosten der Aufbereitung  $\sum_{i=1}^n M_{Ai} \cdot p_i$  werden ausgegeben, um ein

möglichst günstiges physisches Aufbereitungsergebnis zu erreichen. Das physische Aufbereitungsergebnis kommt in den Werten für  $g_p$  und vor allem für  $m$  zum Ausdruck. Dabei ist  $m$  das Wertstoffausbringen der Aufbereitung.

33. Der Ausdruck in der geschweiften Klammer nennt die Kostenrate der Gewinnung  $KR_G$ .

Der erste Quotient dient zum Umrechnen des von der Gewinnung produzierten Rohguts auf das Bergbauprodukt. Dies geschieht mit Hilfe des Masseausbringens der Aufbereitung  $v$  [PE/ME].

Der zweite Quotient steht in der Gleichung an Stelle des je Zeitabschnitt gewonnenen Rohguts  $AM_H$  [ME/ZE] gemäß (Gl. 6) und (Gl. 7a).

Die (Gl. 7a) gibt die Zusammenhänge zwischen Rohgutproduktion  $AM_H$ , anstehenden abbauwürdigen Vorräten  $R$ , Gewinnungs-(Abbau-)verlusten  $l$ , Verdünnung  $d$  und Lebensdauer  $Y$  wieder. Außer  $R$  sind auch  $l$  und  $d$  in der Regel weitgehend technisch-wirtschaftlich vorgegeben.

Die Rohgutproduktion  $AM_H$  repräsentiert bei normaler Kapazitätsausnutzung die gewählte Betriebsgröße des Gewinnungsprozesses. In dem besprochenen Gleichungsteil der (Gl. 7) ist daher mittelbar auch die Betriebsgröße mit der Lebensdauer  $Y$  verknüpft.

Die Verfasser haben die Umformung vorgenommen, um die grundlegende Größe der Lagerstättenquantität  $R$  [ME] als Gegenstand der Gewinnung einzuführen. Dadurch soll nicht zuletzt auf den Einfluß hingewiesen werden können, den die Quantität auf die Wahl der Betriebsgröße und damit gemäß Textziffer 10. auch auf die Abschnittskosten ausübt (economy of scale). Betriebsgröße bzw. Lebensdauer sind demzufolge auch für jeden Gewinnungsprozeß durch eigene Überlegungen und Wirtschaftlichkeitsrechnungen zu bestimmen<sup>18)</sup>. Dies ist jedoch hier nicht weiter zu erörtern.

Die Abschnittskosten  $\sum_{i=1}^n M_{Gi} \cdot p_i$  enthalten – in Übereinstimmung mit den Ausführungen unter der Textziffer 30. e) – auch diejenigen für die je Zeitabschnitt eingesetzte Faktormenge der Faktorart Lagerstätte. Die von den Verfassern als Bonität angesprochene Faktorqualität der Lagerstätte beeinflusst gemäß Textziffer 10. maßgeblich den Einsatz der übrigen Produktionsfaktoren  $M_{Gi}$ .

34. Geht man von der Bedeutung des Wortes Bonität in den biotechnischen

<sup>18)</sup> Dies trifft auch für die Aufbereitung zu, wenn keine Zentralaufbereitung vorliegt. In diesem Fall ist die Betriebsgröße der Aufbereitung gemeinsam mit derjenigen des Gewinnungsbetriebes in Abhängigkeit von der Quantität der Lagerstätte zu ermitteln.

Zweigen der Urproduktion und von den vorstehend umrissenen Wesenszügen des Bergbaus aus, so können für den Begriff der Bonität von Lagerstätten fester mineralischer Rohstoffe folgende zusammenfassende Aussagen getroffen werden:

a) Wie in der Land- und Forstwirtschaft erstreckt sich die Gültigkeit des Begriffes Bonität nur auf Urproduktion und damit nur auf den bergbaulichen Teilprozeß Gewinnung.

b) Wie bei der Bodenbonität der Land- und Forstwirtschaft gemäß den Textziffern 18. und 20.d umfaßt die Bonität einer Lagerstätte keine Merkmale, die in das Produkt der Urproduktion, d. h. in das gewonnene Rohgut eingehen. – Diese Merkmale gehören stattdessen zur Qualität einer Lagerstätte gemäß Textziffer 23.

c) Im Vergleich zur Bodenbonität in der Land- und Forstwirtschaft betrifft die Bonität von Lagerstätten nicht Unterschiede eines natürlichen Wachstums sondern nur solche bei den Abschnittskosten der Gewinnung.

d) Die Art der Einflußnahme der Lagerstättenbonität auf die Abschnittskosten der Gewinnung ist der entsprechenden unmittelbaren Einflußnahme der Bodenbonität in der Land- und Forstwirtschaft gemäß Textziffer 18. gleich. Sie ergibt sich aus der Faktorqualität der in den Gewinnungsprozeß eingebrachten Faktorart Lagerstätte. Die Wirkungsweise ist sehr komplex (s. Textziffer 10.).

e) Wie bei der Bodenbonität der Land- und Forstwirtschaft ist auch die Bonität einer Lagerstätte umso besser, je geringer bei ansonst gleichen Bedingungen die Kostenraten der Gewinnung sind.

f) Wie bei der Bodenbonität der Land- und Forstwirtschaft besteht die Bonität einer Lagerstätte aus einer großen Zahl von einzelnen entsprechend wirksamen Einflußgrößen. Diese können jedoch im Durchschnitt weniger durch Bearbeitung beeinflußt werden als – wie z. B. durch Düngung – diejenigen des Bodens.

g) Die zur Bonität von Lagerstätten zählenden Einflußgrößen schließen zwar die Formfaktoren der Lagerstätte ein, nicht aber die Quantität der Lagerstätte. Diese ist eine mit Hilfe bergwirtschaftlicher Überlegungen aus Formfaktoren und Qualität abgeleitete eigene Größe. Sie ist die Faktormenge der Faktorart Lagerstätte, die während der die Lebensdauer eines Bergwerks bildenden Zeitabschnitte in den bergbaulichen Teilprozeß der Gewinnung eingebracht werden kann. Die Quantität bestimmt maßgeblich die Betriebsgröße und daher auch – neben der Bonität – die Kosten von Gewinnungsbetrieben (s. Textziffer 10.).

h) Lagerstättenbonität ist somit eine Sammelbezeichnung für alle primären geologischen Bedingungen, welche bei einem Bergwerk als „Faktorqualität“ des Produktionsfaktors Lagerstätte die Kosten des bergbaulichen Teilprozesses Gewinnung je Masseneinheit Rohgut mitbestimmen.

### Schlußbemerkungen

35. Mit den vorstehenden Ausführungen ist versucht worden, die Grundlagen und das Umfeld des seinerzeit vorgeschlagenen Ausdrucks der Bonität von Vorkommen mineralischer Rohstoffe näher zu erörtern, um damit auf ein einheitliches bergbaubezogenes Verständnis dieses Begriffes hinzuwirken. Dabei erwies sich, daß der Begriff im Bergbau zumindest ebenso anwendbar und zweckmäßig ist, wie in der

Land- und Forstwirtschaft, ungeachtet der Unterschiede, die zwischen den Zweigen der Urproduktion in diesem Zusammenhang bestehen.

36. Die Erörterungen konnten in dem gesteckten Rahmen allerdings nur konzeptionell geschehen. Auch dabei mußten einige Sachverhalte aus der Diskussion ausgeschieden werden, darunter die Aufteilung der klassischen Bergwerksrente in Qualitäts-, Quantitäts-, Bonitäts- und Lagerrente sowie die Einflüsse der Bonität auf die Produktionsfunktionen von Bergwerken.

37. Insbesondere war es auch nicht möglich – mit Ausnahme der Tabelle 1 –, auf Fragen der Erfassung und der Klassifizierung sowie der Wirkzusammenhänge und der Beurteilung der zahlreichen geologisch gegebenen Bonitätsfaktoren einzugehen und auf die dafür vorhandenen Verfahren, Ansätze und Möglichkeiten. Dies ist ein eigenes und sehr großes Feld. Es beginnt mit der einfachen Auswertung von Bohrkernen, z. B. mit Hilfe der Ermittlung von Werten des „point-load test“ und des RQD-Wertes. Im weiteren erstreckt es sich von der Erhebung der Gesamtheit der auch in der Ingenieurgeologie wesentlichen gebirgsmechanischen Daten und Zusammenhänge über die Erfassung der Formfaktoren der Lagerstätte bis zu komplexen Modellen – etwa mit Hilfe der Nutzwertanalyse oder von „Einheitsabbauen“ – um die Verknüpfung von Bonitätsfaktoren und Kosten quantitativ zu erfassen.

38. In diesem Zusammenhang war es jedoch ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit, erneut auf die beträchtlich gestiegene Bedeutung derjenigen geologischen Bedingungen eines Vorkommens mineralischer Rohstoffe aufmerksam zu machen, welche die Kosten für die Gewinnung eines Vorkommens mitbestimmen, und damit auf die Bedeutung der Bonitätsfaktoren. Diese Einflußfaktoren so weit wie eben möglich bereits bei der Lagerstätten erkundung zu erfassen, ist eine ständig wichtiger werdende Aufgabe der mit Prospektion und Exploration befaßten Geologen und Bergleute.

### Verzeichnis der zitierten Literatur

1. BACHMANN, Horst: Ökonomie mineralischer Rohstoffe. – Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1983.
2. BRÜNIG, E. & MAYER, H.: Waldbauliche Terminologie. – Wien: Institut für Bodenkultur, 1980.
3. FETTWEIS, Günter B.: Entwicklungstendenzen im Bergbau. [In:] Festschrift zum Leobener Bergmannstag 1962. – Wien: Montanverlag, S. a44–a56, 1963.
4. FETTWEIS, Günter B.: Weltkohlenvorräte. Eine vergleichende Analyse ihrer Erfassung und Bewertung. – Essen: Verlag Glückauf, 1976.
5. FETTWEIS, Günter B.: Warum unterscheiden sich Vorratsangaben? [In:] Beiträge zur angewandten Lagerstättenforschung. Festschrift zum 70. Geburtstag von Prof. Dr. W. E. Petrascheck. – Wien: Springer-Verlag, S. 24–30, 1977.
6. FETTWEIS, Günter B.: Bergmännische Überlegungen zur Exploration im allgemeinen und zum Stand der Kohlenexploration in Österreich im besonderen. Berg- u. Hüttenmänn. Monh., 128, S. 93–106, 1983.
7. FETTWEIS, Günter B.: Zusammenhänge und technische Entwicklungen bei der Verfügbarkeit mineralischer Rohstoffe – Übersicht unter Berücksichtigung einschlägiger Leobener Arbeiten. Sitzber. österr. Akad. Wiss., math.-natw. Kl., Abt. I, 192, S. 141–166, – Wien: Springer-Verlag, 1983.

8. FETTWEIS, Günter B.: The Advantages of Mineral Resource Assessment According to the United Nations Recommendations and Suggestions for Their Further Development. Berg- u. Hüttenmänn. Monh., 130, S. 187-195, 1985.
9. HINGENAU, Otto von: Bergwirtschaftslehre. – Brunn: Druck Carl Winiker, 1849.
10. HUGHES, H. & SINGH, S.: Economic rent, incidence in selected metals and minerals. – Resources Policy, 4, S. 135-145, 1978.
11. JENS, Gunter: Die Bewertung der Fischgewässer. – Hamburg/Berlin: Jens Parey-Verlag, 1969.
12. KÖHLER, Johann: Die kapitalistische Bergwerksrente, dargestellt am Beispiel des westdeutschen Steinkohlenbergbaus. Freiburger Forschungsh. D 29, – Berlin: Akademie Verlag, 1960.
13. N. N.: Brockhaus Enzyklopädie. Band 1-24. 17. Auflage. – Wiesbaden: Brockhaus, 1966-1976.
14. N. N.: Gablers Wirtschaftslexikon. – Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, 1984.
15. N. N.: Meyers Enzyklopädisches Lexikon. 9. Auflage. – Mannheim/Wien/Zürich: Bibliographisches Institut, 1979.
16. N. N.: Lexikon der neuzeitlichen Landwirtschaft. – O. O.: Verlag Feld und Wald, 1980.
17. OBERHOFER, Albert F.: Planung und Kosten. Wirtschaftspraxis für Ingenieure (Band 1). – Düsseldorf: Verlag Stahleisen mbH, 1984.
18. Republik Österreich. Bundesgesetz vom 11. April 1975 über den Bergbau und über die Änderung der Gewerbeordnung 1973 (Berggesetz 1975).
19. SAMUELSON, Paul A.: Volkswirtschaftslehre. Band 1 und 2, 7. Auflage. – Köln: Bundes-Verlag, 1981.
20. SIEBERT, Horst: Ökonomische Theorie natürlicher Ressourcen. – Tübingen: Mohr, 1983.
21. TILLESSEN, Rainer: Das Kostenverhalten bei verschiedenen Anpassungsarten im Grubenbetrieb des Steinkohlenbergbaus. Eine kostentheoretische Analyse. – Diss. Clausthal, 1964.
22. TOTH, M. & FALLER, G.: Untersuchungen zur Bestimmung des heutigen und zukünftigen ökonomischen Wertes der Mineral Vorräte Ungarns. Proceedings VIII. World Mining Congress. – Lima/Peru, 1974.
23. WAHL, Siegfried von: Kriterien der Bauwürdigkeit bei der wirtschaftlichen Beurteilung von Metallerzlagerstätten. Erzmetall, 26, S. 26-32, 1973.
24. WAHL, Siegfried von, BOOR, G. & GSCHWINDT, E.: Bewertungs- und Entscheidungsmodell für den Abbau bzw. das Sitzenlassen steigelagerter Kohlenvorräte oder sonstiger marginaler Vorräte. Forschungsvorhaben Steinkohlenbergwerk der Zukunft – Abbaufverfahren. Technische Universität, Clausthal, 1978.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 14. November 1985.