

---

# Berg- wirtschaft

---

Herausgegeben von  
Siegfried von Wahl

Band III

Die Wirtschaftlichkeit und Bewertung  
im Bergbau

Von  
Siegfried von Wahl und  
Eberhard Gschwindt

Verlag Glückauf GmbH · Essen · 1991

# Inhalt des Bandes III

Vorwort .....	XV
---------------	----

## VII. Wirtschaftlichkeitsrechnung und Investitionsentscheidung im Bergbau

*Von Siegfried von Wahl*

<b>1. Einführung</b> .....	1
1.1 Die Begriffe Wirtschaftlichkeit und Investition .....	1
1.2 Anlässe der Wirtschaftlichkeitsrechnung, Einteilung der Investitionen ..	2
1.3 Investitionsentscheidung .....	3
<b>2. Die Verfahren der Wirtschaftlichkeits- und Investitionsrechnung</b> .....	5
2.1 Übersicht über die Verfahren und Grundgrößen des Investitionskalküls ..	5
2.1.1 Statische und dynamische Verfahren .....	5
2.1.2 Die Grundgrößen des Investitionskalküls .....	5
2.2 Die statischen Verfahren .....	7
2.2.1 Kosten- und Gewinnvergleichsrechnung .....	7
2.2.2 Statische Rentabilitätsrechnung .....	9
2.2.3 Statische Amortisationsrechnung .....	11
2.3 Die dynamischen Verfahren .....	13
2.3.1 Finanzmathematische Grundlagen .....	13
2.3.1.1 Zahlungsreihen (Zahlungsbilder) .....	13
2.3.1.2 Barwert und Endwert einzelner Zahlungen .....	14
2.3.1.3 Kapitalisierung von Zahlungsreihen .....	15
2.3.1.4 Periodisierung (Annuisierung) von Zahlungen .....	17
2.3.1.5 Investitionsketten .....	20
2.3.2 Die Kapitalwertmethode .....	22
2.3.3 Die Annuitätenmethode .....	25
2.3.4 Finanzmathematische Rentabilitätsrechnungen .....	26
2.3.4.1 Finanzmathematische Rentabilitätsquotienten .....	26
2.3.4.2 Interne-Zinsfuß-Methode .....	28
2.3.5 Dynamische Amortisationsrechnung .....	30

<b>3.</b>	<b>Vergleich und Bewertung von Investitionsalternativen</b> . . . . .	32
3.1	Das Wahlproblem und Anforderungen an eine Vergleichbarkeit . . . . .	32
3.1.1	Das Wahlproblem . . . . .	32
3.1.2	Anforderungen an die Vergleichbarkeit . . . . .	32
3.2	Ordnung der Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung nach Zielgrößen	33
3.3	Beispiel: Wahl der Gerätekombination in einem Festgesteinstagebau . . . .	35
3.4	Beispiel: Abbau einer Minerallagerstätte bei unterschiedlicher Betriebsgröße . . . . .	38
3.5	Die impliziten Prämissen des Investitionsvergleichs bei unmodifizierter Anwendung der Verfahren. Komplementinvestitionen . . . . .	39
<b>4.</b>	<b>Die Aufstellung von Investitionsprogrammen und die Einbeziehung der Finanzierung in die Investitionsplanung</b> . . . . .	42
4.1	Vorbemerkung . . . . .	42
4.2	Aufstellung des Investitionsprogramms bei vollkommenem Kapitalmarkt	43
4.3	Aufstellung des Investitionsprogramms bei absolut begrenzter Kapitalverfügbarkeit . . . . .	43
4.3.1	Programmplanung ohne (horizontale) Interdependenz . . . . .	43
4.3.2	Programmplanung bei (horizontaler) Interdependenz . . . . .	45
4.4	Die Aufstellung des Investitionsprogramms bei unvollkommenem Kapitalmarkt . . . . .	47
4.5	Investitionsplanung in Bergwerksunternehmen . . . . .	49
4.5.1	Vorbemerkung . . . . .	49
4.5.2	Planungsziele und -prämissen . . . . .	50
4.5.3	Einflußgrößen . . . . .	50
4.5.4	Rahmenbedingungen . . . . .	51
4.5.5	Planungszeiträume: Fristigkeit der Investitionsplanung . . . . .	51
4.5.6	Zur Aufstellung und Abwicklung des Investitionsprogramms . .	53
4.6	Der Kalkulationszinsfuß in der Wirtschaftlichkeitsrechnung . . . . .	55
4.7	Modifizierung der Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung durch explizite Einbeziehung der Finanzierung . . . . .	59
4.7.1	Modifizierung der Kapitalwert- und der Annuitätenmethode . .	60
4.7.2	Modifizierung der dynamischen Rentabilitätsrechnung. Eigenkapitalrentabilität und Leverage-Effekt . . . . .	61

<b>5.</b>	<b>Die Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer und des optimalen Ersatzzeitpunktes von Anlagegütern</b> .....	62
5.1	Vorbemerkung .....	62
5.2	Die optimale Nutzungsdauer der einmaligen Investition .....	63
5.3	Der Normalfall der Nutzungsdaueroptimierung: Die zeitlich unbegrenzte identische Reinvestition .....	64
5.3.1	Zielfunktion und Prämissen des Modells .....	64
5.3.2	Die gewinnmaximale Nutzungsdauer .....	65
5.3.3	Die kostenminimale Nutzungsdauer .....	66
5.3.4	Die optimale Nutzungsdauer bei Erwartung eines Restwert- erlöses .....	69
5.4	Berücksichtigung des technischen Fortschritts: Optimaler Ersatzzeit- punkt betriebener Anlagen .....	71
5.4.1	Ersatz einer alten Anlage durch einen neuen Anlagentyp .....	71
5.4.2	Verschiebung des optimalen Ersatzzeitpunkts durch Moderni- sierungsinvestition .....	74
<b>6.</b>	<b>Die Berücksichtigung von Zukunftsentwicklungen der Tendenzfaktoren in der Wirtschaftlichkeitsrechnung</b> .....	75
6.1	Allgemeines .....	75
6.2	Veränderungen beim Faktorinput: Rationalisierung und Substitution ...	76
6.3	Veränderungen der Preise .....	77
6.3.1	Spezielle Preisänderungen .....	77
6.3.2	Einfluß spezieller Preisänderungen auf die Vorziehwürdig- keit von Investitionsalternativen .....	79
6.3.3	Allgemeine Preisänderungen: Geldwertänderungen .....	80
<b>7.</b>	<b>Die Berücksichtigung der Ungewißheit in der Wirtschaftlich- keitsrechnung</b> .....	82
7.1	Vorbemerkung .....	82
7.2	Traditionelle Verfahren zur Berücksichtigung der Ungewißheit. Sicher- heitsäquivalente .....	82
7.3	Informationsgewinnung und -aufbereitung .....	83
7.3.1	Informationsgewinnung; Prognosen .....	83
7.3.2	Parametervariation (Sensibilitätsanalyse) und Break-even-Ana- lyse (Kritische Werte). Scenarios .....	85

7.4	Wahrscheinlichkeiten und Erwartungswerte .....	87
7.4.1	Wahrscheinlichkeiten und Wahrscheinlichkeitsverteilungen ...	87
7.4.2	Berechnung von Erwartungswerten .....	89
7.5	Entscheidung unter Ungewißheit .....	91
7.5.1	Einige Begriffe und Instrumente der Ungewißheitstheorie ....	91
7.5.2	Die Entscheidung nach dem höchsten Erwartungswert. Risikoneutralität .....	93
7.5.3	Die Entscheidung nach dem höchsten subjektiven Nutzen. Risikoaversion .....	94
7.6	Beispiele für die Berücksichtigung der Ungewißheit in der Wirtschaftlichkeitsrechnung des Bergbaus .....	96
7.6.1	Vorbemerkung .....	96
7.6.2	Bandbreitenrechnung, Break-even-Analyse und Risikofaktor bei der Bewertung eines Erdölprojektes .....	98
7.6.3	Die Verbindung von Bandbreitenrechnung, Sensibilitäts- und Break-even-Analyse mit der Berechnung von Erwartungswerten bei der Bewertung eines Uranprojektes .....	100
7.6.4	Anwendung der Bayes-Regel und Berechnung von nutzenindizierten Erwartungswerten bei der Bewertung von Betriebsgrößen-Alternativen bei unsicherer Vorratsmenge	103
	Quellennachweis .....	107

## VIII. Wirtschaftliche Bewertung von Lagerstätten und von Bergwerksunternehmen

*Von Siegfried von Wahl*

1.	<b>Einführung</b> .....	111
1.1	Wert und Bewertung .....	111
1.2	Wirtschaftlicher Wert von Lagerstätten und von Bergwerksunternehmen .....	112
1.3	Das erweiterte Feld einer einzel- und gesamtwirtschaftlichen Bewertung	114
2.	<b>Bewertung der einem Bergwerk zugeordneten Lagerstätte und ihrer Teile</b> .....	115
2.1	Zur Aufgabenstellung .....	115
2.2	Betriebswirtschaftliche Definition und Abgrenzung wirtschaftlich abbaufähiger Vorräte. Grundmodell .....	116

2.2.1	Prämissen und Haupteinflußgrößen des Grundmodells . . . . .	116
2.2.2	Die langfristigen Kosten-, Erlös- und Ergebnisfunktionen zur Bestimmung der abbauwürdigen Vorräte . . . . .	117
2.2.3	Der Zusammenhang der Zielgrößen (Entscheidungskriterien) bei der Vorratsauswahl. Schwellenwerte . . . . .	119
2.3	Die Instrumente der betriebswirtschaftlichen Lagerstättenbewertung . . . . .	122
2.3.1	Übergang vom infinitesimalen zum diskreten Modell. Das Rechnen mit lagerstättenbezogenen Teilkosten und Deckungsbeiträgen . . . . .	122
2.3.1.1	Die elementäre Abbaueinheit als Grundeinheit einer lagerstättenbezogenen Deckungsbeitragsrechnung . . . . .	122
2.3.1.2	Zielgrößen und Bezugseinheiten einer lagerstättenbezogenen Deckungsbeitragsrechnung . . . . .	123
2.3.1.3	Die Zurechnung von Erlösen und Kosten und die Bildung von abschnittswisen und gestuften Deckungsbeiträgen . . . . .	124
2.3.2	Die Anwendung der dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung auf die Lagerstättenbewertung . . . . .	128
2.3.2.1	Die dynamischen Zielgrößen der Vorratsmengenplanung . . . . .	128
2.3.2.2	Die Zeitprofile der (langfristigen) Abbauplanung als Determinanten der Lagerstättenbewertung . . . . .	129
2.4	Die Abhängigkeit der Lagerstättenbewertung von innerbetrieblichen Einflußgrößen . . . . .	132
2.4.1	Vorgegebene und dispositive Einflußgrößen . . . . .	132
2.4.2	Der Einfluß der Betriebsgröße . . . . .	134
2.4.3	Der Einfluß der Abbaureihenfolge . . . . .	137
2.4.4	Der Einfluß der Abbau- und der Aufbereitungsverfahren . . . . .	138
2.4.5	Der Grenzgehalt des Abbaus (cut-off-grade) als Optimierungsgröße bei der Vorratsmengenplanung . . . . .	142
2.5	Die Abhängigkeit der Lagerstättenbewertung von außerbetrieblichen Einflußgrößen und deren Veränderung im Zeitablauf . . . . .	145
2.6	Beispiel für die optimale Vorratsauswahl bei der Abbauplanung eines bestehenden Eisenerztagebaus . . . . .	148
<b>3. Betriebswirtschaftliche Bewertung von Bergwerksunternehmen</b> 152		
3.1	Vorbemerkung . . . . .	152
3.2	Der Zukunftserfolgswert als Wert des Bergwerksunternehmens . . . . .	154
3.3	Der Substanzwert des Bergwerks . . . . .	157
3.4	Der Unternehmensmehrwert des Bergwerks; Zusammenhang von Zukunftserfolgswert, Substanzwert und Unternehmensmehrwert . . . . .	160

3.5	Weitere Rechengrundlagen für die Zukunftserfolgswertermittlung .....	163
3.5.1	Investitionsausgaben vor Betriebsbeginn .....	163
3.5.2	Die Behandlung von Investitionsketten .....	165
3.5.3	Die Behandlung von Liquidationserlösen .....	166
3.6	Der Wertverlauf eines Bergwerks über der Gesamtlebensdauer (Modellstudie) .....	167
3.7	Der Einfluß der Besteuerung auf Wert und Bewertung des Unternehmens	173
3.7.1	Die Berücksichtigung von gewinnabhängigen Steuern .....	173
3.7.2	Die Auswirkung der Besteuerung auf die Leitvariablen der Bergwerksplanung und auf die Schwellenwerte der Bauwürdigkeit ..	177
3.8	Der Einfluß der Finanzierung auf Wert und Bewertung des Unternehmens	183
3.8.1	Der Leverage-Effekt des Fremdkapitals .....	183
3.8.2	Der Unternehmenswert als Wert des Eigenkapitals .....	189
3.8.3	Der Kalkulationszinsfuß bei der Unternehmensbewertung und die optimale Kapitalstruktur .....	190
3.9	Besondere bergbauspezifische Bewertungsanlässe .....	192
3.9.1	Die Bewertung eines Lagerstätten- oder Feldesteils .....	192
3.9.2	Die Bewertung eines bald auslaufenden Bergwerks .....	193
<b>4.</b>	<b>Wirtschaftliche Bewertung von Lagerstätten und Bergwerksunternehmen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht</b>	<b>194</b>
4.1	Gesamtwirtschaftlicher Ziel- und Entscheidungsrahmen. Das „sozialökonomische Nutzenmaximum“ .....	194
4.2	Gesamtwirtschaftliche Projektbewertung .....	196
4.2.1	Quantifizierung von gesamtwirtschaftlichen Nutzen und Kosten über das Konzept der Zahlungsbereitschaft .....	196
4.2.2	Methodischer Rahmen: Kosten-Nutzen-Analyse und sonstige gesamtwirtschaftliche Bewertungsverfahren .....	198
4.3	Direkte Projektwirkungen .....	200
4.3.1	Nutzenbewertung .....	200
4.3.2	Kostenbewertung .....	201
4.4	Indirekte Projektwirkungen (externe Effekte) .....	203
4.4.1	Verflechtungsbezogene externe Effekte .....	203
4.4.2	Input-Output-Analyse zur Ermittlung der verflechtungsbezogenen externen Effekte .....	203
4.4.3	Technologische externe Effekte .....	208

4.5	Zur praktischen Durchführung gesamtwirtschaftlicher Projektbewertungen .....	209
4.5.1	Ein operationales Kriterium: Beitrag zum Sozialprodukt .....	209
4.5.2	Korrigierte Marktpreise anstelle von Schattenpreisen. Preiskorrekturen .....	212
4.5.3	Entwicklung des gesamtwirtschaftlichen Projektwertes aus dem betriebswirtschaftlichen Unternehmenswert. Beispiel	215
4.6	Die soziale Diskontrate .....	220
<b>5.</b>	<b>Langfristige Angebots- und Nachfragefunktionen für mineralische Rohstoffe zur Bestimmung von langfristig wettbewerbsfähigen Absatzmengen und von langfristigen Wettbewerbspreisen .....</b>	<b>222</b>
5.1	Das allgemeine Marktmodell .....	222
5.2	Zur Aufstellung langfristiger Angebots- und Nachfragefunktionen für mineralische Rohstoffe .....	224
5.2.1	Die langfristige Angebotsfunktion und die sie beeinflussenden Größen .....	224
5.2.2	Determinanten der langfristigen Nachfragefunktion .....	227
5.2.3	Gegenüberstellung von langfristiger Angebots- und Nachfragefunktion im statischen (Ausgangs-)Scenario ....	229
5.2.4	Dynamisierung des Modells. Bestimmung des langfristigen Preis-Mengen-Pfades .....	231
<b>6.</b>	<b>Zum Erklärungsmodell der ökonomischen Theorie natürlicher Ressourcen: Intertemporal-Nutzen und Hotelling-Pfad .....</b>	<b>236</b>
<b>7.</b>	<b>Ökonometrische Marktanalyse- und -prognosemodelle .....</b>	<b>243</b>
7.1	Allgemeines .....	243
7.2	Nickel-Weltmarktmodell .....	244
7.3	Angebotsmodell für Natururan .....	245
<b>8.</b>	<b>Der Einfluß der staatlichen Ressourcenpolitik auf Wert und Bewertung von Lagerstätten und Bergwerken .....</b>	<b>247</b>
8.1	Allgemeines: Ziele und Instrumente einer längerfristig angelegten (nationalen) Ressourcenpolitik .....	247
8.2	Mengen- und versorgungspolitische Maßnahmen und Instrumente .....	249
8.3	Fiskalische und sonstige (preispolitische) Maßnahmen und Instrumente. Subventionen .....	253



<b>9. Die Bewertung von Bergwerksprodukten. Preisbildung</b> .....	261
9.1 Gesetzmäßigkeiten der kurzfristigen Preisbildung auf den Märkten mineralischer Rohstoffe .....	261
9.1.1 Kurzfristige Angebots- und Nachfragefunktionen. Elastizitäten	261
9.1.2 Einfluß der Transportkosten auf die Preise mineralischer Rohstoffe .....	266
9.1.3 Einfluß der Lagerhaltung auf die kurzfristige Preisbildung ....	269
9.2 Modalitäten der Preisbildung .....	271
9.2.1 Einfluß der Marktstrukturen und Marktformen auf die Preisbildung. Arten der Preise .....	271
9.2.2 Rohstoffbörsen, Preisnotierungen und -veröffentlichungen ...	273
9.2.3 Einfluß der Wechselkurse auf die Preise .....	277
9.3 Wert und Preis der mineralischen Rohstoffe am Produktionsort. Rückrechnungsverfahren .....	279
Quellennachweis .....	284

## **IX. Projektierung von Bergwerken im Ausland**

*Von Eberhard Gschwindt*

<b>1. Einführung und thematische Abgrenzung</b> .....	291
<b>2. Rahmenbedingungen für Bergwerksprojekte im Ausland</b> .....	291
2.1 Infrastrukturelle Rahmenbedingungen .....	291
2.1.1 Verkehrs- und Transportwege .....	292
2.1.2 Wasser- und Energieversorgung .....	292
2.1.3 Kommunale Infrastruktur .....	292
2.1.4 Betriebsinterne Infrastruktur .....	293
2.1.5 Aufwendungen für die Infrastruktur .....	293
2.2 Personelle Rahmenbedingungen .....	294
2.2.1 Lokaler Arbeitsmarkt .....	294
2.2.2 Führungspersonal für das Ausland .....	295
2.3 Institutionelle Rahmenbedingungen .....	296
2.3.1 Vertragsformen für Bergwerksprojekte (Rohstoffprojektverträge)	296
2.3.1.1 Traditionelle Konzessionen .....	296
2.3.1.2 Joint Ventures (Gemeinschaftsunternehmen) .....	297
2.3.1.3 Dienstleistungsverträge .....	298

2.3.2	Abgaben und Ertragsteilung im Rohstoffland . . . . .	300
2.3.2.1	Förderabgaben (Royalties) . . . . .	300
2.3.2.2	Ertragssteuern . . . . .	301
2.3.2.3	Weitere Projektabgaben . . . . .	302
2.3.3.4	Ertragsteilung durch Projektbeteiligung . . . . .	302
2.4	Wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen . . . . .	303
2.4.1	Spezielle Steuererleichterungen . . . . .	303
2.4.2	Durchführung von Infrastrukturmaßnahmen durch den Staat . . . . .	304
2.4.3	Devisenkontrollen . . . . .	304
2.4.4	Produktions- und Exportauflagen . . . . .	304
2.4.5	Lokalisationsauflagen . . . . .	305
2.4.6	Umweltschutzaufgaben . . . . .	305
2.4.7	Aufbau einer Rohstoff verarbeitenden Industrie . . . . .	305
2.5	Auswirkungen von Marktregulierungen . . . . .	306
<b>3.</b>	<b>Finanzierung von Bergbauprojekten im Ausland . . . . .</b>	<b>307</b>
3.1	Finanzierungsbedarf . . . . .	307
3.2	Finanzierungsquellen . . . . .	307
3.2.1	Eigenfinanzierung . . . . .	307
3.2.2	Fremdfinanzierung . . . . .	308
3.2.2.1	Kommerzielle Kredite . . . . .	308
3.2.2.2	Kredite staatlicher und supranationaler Institutionen . . . . .	308
3.2.2.3	Leasing . . . . .	309
3.2.2.4	Käuferkredite . . . . .	309
3.2.2.5	Lieferantenkredite . . . . .	310
3.2.2.6	Kreditsicherung . . . . .	310
3.2.3	Sicherung des Transfers von Kapitaldienstzahlungen . . . . .	311
3.2.4	Finanzierung durch Kommanditgesellschaften . . . . .	312
3.2.5	Kombination von Finanzierungsquellen . . . . .	313
<b>4.</b>	<b>Risiken und Risikopolitik bei Bergbauprojekten im Ausland . . . . .</b>	<b>313</b>
4.1	Risikoarten . . . . .	313
4.1.1	Bergbauliche und wirtschaftliche Risiken . . . . .	313
4.1.2	Währungsrisiken . . . . .	314
4.1.3	Politische Risiken . . . . .	314
4.2	Risikoabschätzung . . . . .	314
4.3	Maßnahmen zur Risikominderung . . . . .	315

<b>5. Förderungsmaßnahmen der Heimatländer für Bergbauprojekte im Ausland</b> .....	315
5.1 Bundesdeutsche Förderungsmaßnahmen .....	316
5.1.1 Prospektions- und Explorationszuschüsse .....	316
5.1.2 Ungebundene Finanzkredite .....	316
5.1.3 Staatliche Garantien .....	316
5.1.4 Steuerliche Maßnahmen .....	317
5.1.5 Investitionsförderungsverträge .....	317
5.1.6 Weitere Förderungsmaßnahmen .....	317
5.2 Die bundesdeutschen Förderungsmaßnahmen im internationalen Vergleich .....	318
<b>6. Durchführbarkeitsstudien als Grundlage für Investitionsentscheidungen</b> .....	319
6.1 Durchführbarkeitsstudien im Rahmen der Entwicklung eines Bergbauprojektes .....	319
6.2 Schematischer Aufbau einer Durchführbarkeitsstudie .....	320
6.2.1 Privatwirtschaftliche Betrachtung .....	320
6.2.2 Gesamtwirtschaftliche Betrachtung .....	325
Quellennachweis .....	329

---

<b>Sachregister zum Band III</b> .....	332
----------------------------------------	-----

Inhalt Band I: Die elementaren Produktionsfaktoren des Bergbaubetriebs ...	342
----------------------------------------------------------------------------	-----

Inhalt Band II: Die dispositiven Produktionsfaktoren des Bergbaubetriebs ....	350
-------------------------------------------------------------------------------	-----