

Hikmet Akin    Heinrich Siemes

# Praktische Geostatistik

Eine Einführung für den Bergbau  
und die Geowissenschaften

Mit einem Anhang von H. Schaeben

Mit 98 Abbildungen

Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York  
London Paris Tokyo

# INHALTSVERZEICHNIS

## Seite

### VORWORT

### INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINFÜHRUNG	<u>1- 25</u>
1.1	Zur Entstehung und Entwicklung der Geostatistik	1- 3
1.2	Anwendungsgebiete der Geostatistik	3- 5
1.3	Einführung in die Statistik	5- 22
1.3.1	Problemstellung	5- 6
1.3.2	Histogramm, Mittelwert und Varianz	6- 10
1.3.3	Die Normalverteilung	10- 14
1.3.4	Die Lognormalverteilung	14- 18
1.3.5	Korrelation und Kovarianz	18- 21
1.3.6	Mehrdimensionale Verteilungen	21- 22
1.4	Bemerkungen zur Problematik der Reserven-/ Ressourcenermittlung und -Klassifikation	22- 25
2.	VARIOGRAMME	<u>26- 52</u>
2.1	Theorie der regionalisierten Variablen	26- 30
2.2	Experimentelle Berechnung der Variogramme, Kovariogramme und Korrelogramme	30- 41
2.2.1	Variogramm	30- 33
2.2.2	Kovariogramm	33- 34
2.2.3	Korrelogramm	34- 35
2.2.4	Experimentelle Semivariogramme	36- 40
2.2.5	Experimentelles Kreuzvariogramm	40- 41
2.3	Variogrammtypen und Modelle	41- 48
2.3.1	Variogrammtypen	42- 43
2.3.2	Variogrammmodelle	43- 46
2.3.3	Anpassung des sphärischen Modells an ein experimentelles Semivariogramm	46- 48
2.4	Neuere Verfahren der Variogrammerstellung	48- 52
2.4.1	Entwicklungstendenzen	48- 50
2.4.2	Indikatorvariogramm	50- 52

3.	STRUKTURANALYSE, VARIOGRAMMINTERPRETATION	<u>53- 70</u>
3.1	Analyse der strukturellen Eigenschaften	53- 64
3.1.1	Geschachtelte Strukturen	53- 55
3.1.2	Anisotropien	55- 58
3.1.3	Proportionalitätseffekt	58- 60
3.1.4	Locheffekt	60- 61
3.1.5	Drift	61- 64
3.2	Mathematische Modellierung der Lagerstätten bzw. des betrachteten Objekts	64- 67
3.3	Aufgaben mit Lösungen als Beispiele zur Berechnung von Variogrammwerten	67- 70
4.	ERMITTLUNG DER VARIANZEN	<u>71-111</u>
4.1	Dispersionsvarianz	71- 84
4.1.1	Erläuterung des Begriffes "Stützung"	71- 73
4.1.2	Dispersionsvarianz und die Volumen-Varianz-Beziehung	73- 79
4.1.3	Vergleichmäßigung und Gradieren	80- 84
4.2	Schätzvarianz	84- 96
4.2.1	Definition und Einführung	84- 91
4.2.2	Fehlergrenzen und Vertrauensniveau der Schätzungen	91- 93
4.2.3	Optimierung der Probenahme anhand von Schätzvarianzen	93- 96
4.3	Theoretische Ableitungen zur Ermittlung der Varianzen	96-102
4.3.1	Schätzvarianz	97-100
4.3.2	Dispersionsvarianz, Volumen-Varianz-Beziehung	100-102
4.4	Aufgaben mit Lösungen als Beispiele zu praktischen Problemen	103-111
5.	ERMITTLUNG DER RESERVEN VON LAGERSTÄTTEN, KRIGEVERFAHREN	<u>112-188</u>
5.1	Einführung in die Terminologie und in die Anwendung der konventionellen Methoden	113-115
5.2	Lineares Kriging und Schätzung lokaler Reserven	116-134
5.2.1	Krigeschätzung und Krigevarianz	116-120
5.2.2	Krigeschätzung von Punkten	120-123
5.2.3	Krigeschätzung lokaler Reserven	123-133
5.2.4	Eigenschaften der Krigeschätzung	133-134
5.2.5	Krigeschätzung mit bekanntem Mittelwert	134

5.3	Ermittlung der Gesamtreserven in-situ und Bestimmung der Genauigkeit der Schätzungen	135-147
5.3.1	Schichtförmige Lagerstätten	135-140
5.3.2	Massige Lagerstätten	140-141
5.3.3	Rechenbeispiel anhand einer schichtförmigen Lagerstätte	142-147
5.4	Ermittlung der gewinnbaren Reserven über dem Cut-off; die Gehalt-Tonnage-Beziehung	147-178
5.4.1	Ermittlung der Gesamtreserven über dem Cut-off	149-152
5.4.1.1	Einfluß der Größe der Stützung	152-158
5.4.1.2	Einfluß des Informationsstandes	159-161
5.4.2	Ermittlung der Blockreserven über dem Cut-off	161-178
5.4.2.1	Die nichtlineare Geostatistik zur Bestimmung der gewinnbaren Reserven	162-169
5.4.2.2	Indikatorkrigen	169-178
5.5	Aufgaben mit Lösungen	178-188
6.	ÜBERBLICK DER FORTGESCHRITTENEN METHODEN DER GEOSTATISTIK	<u>189-213</u>
6.1	Universalkrigen	189-197
6.2	Methode der verallgemeinerten Kovarianzen	197-199
6.3	Geostatistische Simulationen und ihre Anwendung	200-213
6.3.1	Erläuterung des Simulationsvorganges	202-208
6.3.2	Ein praktisches Beispiel für die bedingte Simulation	208-213
7.	ZUR ANWENDUNG DER GEOSTATISTIK BEI DER BEURTEILUNG VON BERGBAUPROJEKTEN	<u>214-233</u>
7.1.	Allgemeines zur Bewertung von Lagerstätten	214-217
7.2.	Methode der dynamischen Beurteilung der Wirtschaftlichkeit	217-221
7.3.	Der Einsatz der geostatistischen Ergebnisse im Rahmen der Sensitivitäts- und Risikoanalysen	221-227
7.3.1.	Sensitivitätsanalysen	221-223
7.3.2.	Risikoanalysen	224-227
7.4.	Beispiele aus der Praxis	227-233

#### ANHÄNGE

ANHANG I:	VERWENDETE SYMBOLE	234-238
ANHANG II:	TABELLEN UND DIAGRAMME	239-261
ANHANG III:	HINWEISE AUF GEOSTATISTISCHE RECHENPROGRAMME	262-264

ANHANG IV: MATHEMATISCHES FORMELKOMPENDIUM DER LINEAREN  
GEOSTATISTIK

265–279

LITERATURVERZEICHNIS

280–296

SCHLAGWORTVERZEICHNIS

297–304