

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-/ Resourcenermittlung 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	Variogrammodelle	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 Krigen 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

	<u>Seite</u>
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