

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Umweltdaten – Visualisierung – Monitoring</b>	<b>13</b>
1.1	Besonderheiten von Umweltdaten und Umweltstatistik . . . . .	13
1.2	Strukturierungsprobleme . . . . .	17
1.2.1	Allgemeines . . . . .	17
1.2.2	Grundstrukturen . . . . .	17
1.2.3	Verarbeitungsprobleme . . . . .	19
1.3	Dateneigenschaften . . . . .	20
1.3.1	Darstellungs- und Verarbeitungseigenschaften . . . . .	20
1.3.2	Messtechnische Konsequenzen . . . . .	24
1.3.3	Zuverlässigkeit . . . . .	24
1.3.4	Relevanzfragen . . . . .	25
1.3.5	Datenschutzprobleme . . . . .	26
1.3.6	Zeitprobleme . . . . .	27
1.4	Graphiken und Visualisierungstechniken . . . . .	27
1.4.1	Einleitung . . . . .	27
1.4.2	Explorative Zielstellung . . . . .	28
1.4.3	Argumentative Zielstellung . . . . .	30
1.4.4	Graphiken und Programme . . . . .	32
1.4.5	Summarische Statistiken . . . . .	33
1.4.6	Kastendiagramme . . . . .	38
1.4.7	Häufigkeitsdiagramme . . . . .	39
1.4.8	Ähnlichkeiten von Datensätzen . . . . .	43
1.4.9	Darstellung von Abhängigkeiten . . . . .	46
1.5	Umweltstatistik und Umweltüberwachung . . . . .	49
1.6	Einige Ratschläge für Anfänger bei der Benutzung von Statistikprogramm- paketen . . . . .	52

<b>2</b>	<b>Multivariate Statistik</b>	<b>53</b>
2.1	Einleitung . . . . .	53
2.2	Vorbereitungen für die multivariate Statistik . . . . .	55
2.2.1	Vorbemerkungen . . . . .	55
2.2.2	Vereinheitlichung qualitativ verschiedener Messwerte . . . . .	55
2.2.3	Die $Z$ -Transformation . . . . .	56
2.2.4	Logarithmus-Transformation . . . . .	57
2.3	Korrelationsanalyse . . . . .	61
2.3.1	Der Korrelationskoeffizient . . . . .	61
2.3.2	Rangkorrelationskoeffizienten . . . . .	63
2.3.3	Die Korrelationsmatrix . . . . .	65
2.3.4	Multipler und partieller Korrelationskoeffizient . . . . .	71
2.3.5	Kanonische Korrelationsanalyse . . . . .	75
2.3.6	Literatur zur Korrelationsanalyse . . . . .	76
2.4	Regressionsanalyse . . . . .	76
2.4.1	Einleitung . . . . .	76
2.4.2	Ausgleichsgeraden . . . . .	76
2.4.3	Nicht parametrische Regression . . . . .	86
2.4.4	Multiple lineare Regression . . . . .	89
2.4.5	Nicht lineare Regression . . . . .	99
2.4.6	Literatur zur Regressionsanalyse . . . . .	104
2.5	Hauptkomponenten- und Faktorenanalyse . . . . .	106
2.5.1	Einleitung . . . . .	106
2.5.2	Die Hauptkomponentenanalyse . . . . .	107
2.5.3	Interpretation der Ergebnisse der Hauptkomponenten- analyse . . . . .	108
2.5.4	Faktorwerte bei der Hauptkomponentenanalyse . . . . .	114
2.5.5	Die Faktorenanalyse . . . . .	115
2.5.6	Literatur und Programme zur Hauptkomponenten- und Faktorenanalyse . . . . .	126
2.6	Clusteranalyse . . . . .	126
2.6.1	Einleitung . . . . .	126
2.6.2	Proximitäten und Fusionsalgorithmen . . . . .	127
2.7	Weitere multivariate Verfahren . . . . .	136
2.7.1	Varianzanalyse . . . . .	136
2.7.2	Klassifizierungsverfahren . . . . .	140
<b>3</b>	<b>Zeitreihenanalyse</b>	<b>147</b>
3.1	Einleitung . . . . .	147
3.2	Glättung von Zeitreihen . . . . .	154

3.2.1	Drei Glättungsmethoden . . . . .	154
3.2.2	Trendschätzungen . . . . .	158
3.2.3	Laufende Glättung und kurzfristige Vorhersage . . . . .	168
3.3	Grundbegriffe aus der Theorie der stochastischen Prozesse . . . . .	171
3.3.1	Stochastische Prozesse und Zeitreihen . . . . .	171
3.3.2	Mittelwerts- und Kovarianzfunktion . . . . .	172
3.3.3	Formeln, Beziehungen und Eigenschaften für Kovarianz- und Korrelationsfunktionen . . . . .	181
3.4	Einige Modelle für stationäre Zeitreihen . . . . .	185
3.4.1	Einleitung . . . . .	185
3.4.2	MA( $q$ )-Prozess oder Gleitmittelprozess . . . . .	187
3.4.3	AR( $p$ )-Prozess oder autoregressiver Prozess . . . . .	189
3.4.4	ARMA( $p, q$ )-Prozess . . . . .	191
3.5	Literatur und Programme zur Zeitreihenanalyse . . . . .	192
<b>4</b>	<b>Geostatistik</b>	<b>193</b>
4.1	Einleitung . . . . .	193
4.2	Homogene und isotrope Zufallsfelder . . . . .	195
4.3	Variogramme . . . . .	200
4.4	Theoretische Variogramme . . . . .	209
4.5	Räumliche Interpolation und Kriging . . . . .	213
4.5.1	Kriging des Mittelwertes . . . . .	214
4.5.2	Punktkriging . . . . .	215
4.5.3	Weitere Kriging-Verfahren . . . . .	222
4.6	Interpolation bei Inhomogenität . . . . .	223
4.7	Weitere Probleme und Anwendungen der Geostatistik . . . . .	230
4.8	Literatur und Programme zur Geostatistik . . . . .	232
<b>5</b>	<b>Folgen von Ereignissen, Punktprozesse und Punktfelder</b>	<b>233</b>
5.1	Einleitung . . . . .	233
5.2	Grundlagen der Theorie der Punktprozesse . . . . .	234
5.2.1	Anzahlverteilungen . . . . .	234
5.2.2	Punktprozesse . . . . .	238
5.2.3	Intensitätsgrößen . . . . .	242
5.2.4	Zeittransformation . . . . .	244
5.2.5	Größen zweiter Ordnung für stationäre Punktprozesse . . . . .	245
5.2.6	Abstandsverteilungen . . . . .	247
5.2.7	Markierte Punktprozesse . . . . .	254
5.3	Poisson-Prozesse . . . . .	262
5.3.1	Der stationäre Poisson-Prozess . . . . .	262

5.3.2	Instationärer Poisson-Prozess . . . . .	267
5.4	Punktfelder . . . . .	273
5.4.1	Einleitung . . . . .	273
5.4.2	Das homogene Poisson-Punktfeld . . . . .	279
5.5	Statistische Beschreibung von Wechselwirkungen in Punktfeldern	282
5.6	Weitere Anwendungen von Punktprozessen . . . . .	290
5.7	Literatur über Punktprozesse und -felder . . . . .	292
<b>6</b>	<b>Weitere statistische Methoden</b>	<b>293</b>
6.1	Probennahme . . . . .	293
6.2	Ideen der statistischen Versuchsplanung . . . . .	300
6.3	Umwelt-Indizes . . . . .	313
6.4	Extremwertstatistik . . . . .	319
6.4.1	Einleitung . . . . .	319
6.4.2	Fakten aus der Extremwertstatistik . . . . .	321
6.5	Klimamodelle und Klimawechsel . . . . .	325
6.6	Vorhersage-Intervalle . . . . .	327
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>329</b>
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>345</b>