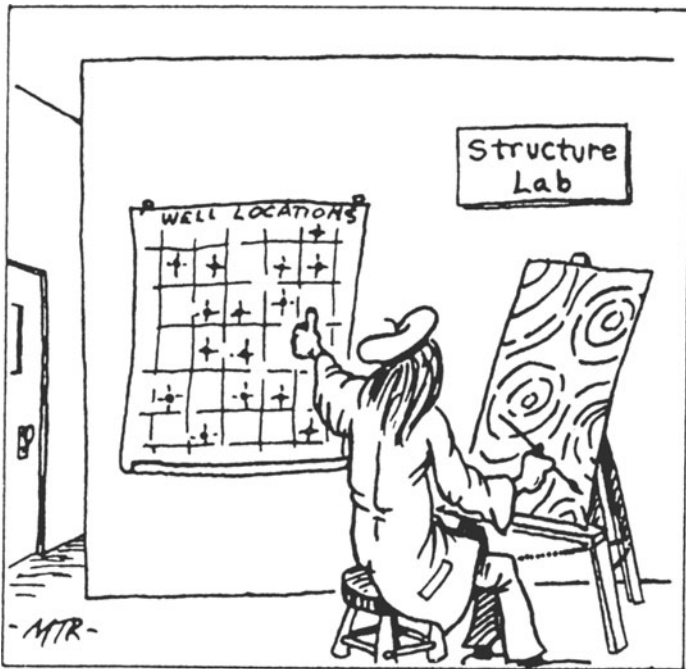


Uwe Heinrich

Zur Methodik der räumlichen Interpolation  
mit geostatistischen Verfahren



(Whitten 1981, S. 41)

**Uwe Heinrich**

**Zur Methodik der  
räumlichen Interpolation  
mit geostatistischen  
Verfahren**

**Untersuchungen zur Validität flächenhafter  
Schätzungen diskreter Messungen  
kontinuierlicher raumzeitlicher Prozesse**

**Heinrich, Uwe:**

Zur Methodik der räumlichen Interpolation mit geostatistischen Verfahren : Untersuchungen zur Validität flächenhafter Schätzungen diskreter Messungen kontinuierlicher raumzeitlicher Prozesse / Uwe Heinrich. — Wiesbaden : Dt. Univ.-Verl., 1992

(DUV : Geowissenschaft)

Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 1990 u.d.T.: Heinrich, Uwe:

Untersuchungen zur Validität flächenhafter Schätzungen diskreter Messungen kontinuierlicher raumzeitlicher Prozesse

Diese Arbeit wurde 1990 unter dem Titel "Untersuchungen zur Validität flächenhafter Schätzungen diskreter Messungen kontinuierlicher raumzeitlicher Prozesse" an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel eingereicht und als Dissertation angenommen.

Die Dissertation ist im Rahmen des vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Projekts "Erarbeitung und Erprobung einer Konzeption für die ökologisch orientierte Planung auf der Grundlage der regionalisierenden Umweltbeobachtung am Beispiel Schleswig-Holstein" entstanden.

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1992

Ursprünglich erschienen bei Deutscher Universitäts-Verlag GmbH, Wiesbaden 1992.



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

ISBN 978-3-8244-2027-8

ISBN 978-3-663-14522-6 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-14522-6

## Vorwort

Für die Anregung zur vorliegenden Dissertation und der steten Betreuung bin ich Herrn Prof. Dr. O. Fränze, Geographisches Institut der Universität Kiel, sehr zu Dank verpflichtet.

Herr Dr. Reinhard Zölitz-Möller hat mein Interesse an dieser Thematik geweckt und mit großer Aufmerksamkeit den Gang der Untersuchung verfolgt.

Für die vielen hilfreichen Anregungen, Diskussionen und das sorgfältige Lesen der vorliegenden Arbeit danke ich meinem Kollegen Herrn Andreas Klein.

Bei meiner Mitarbeiterin Frau Carmen Kittelberger bedanke ich mich für die freundliche und unermüdliche Unterstützung bei dieser Arbeit.

Für ihre Ausdauer bei der Anfertigung des Typoskripts und für ihre Geduld mit mir möchte ich mich bei meiner Lebensgefährtin Frau Laila Berg bedanken.

# Gliederung

	Verzeichnis der Abbildungen	X
	Verzeichnis der Tabellen	XII
1.	Problemstellung und Zielsetzung	1
1.1	Konkretisierung der untersuchten Prozesse	1
1.2	Problemstellung	2
1.3	Zielsetzung	3
2.	Stochastische Prozesse	7
2.1	Verfahren zur Schätzung stochastischer Prozesse	9
3.	Geostatistik als Hilfsmittel zur Schätzung stochastischer Prozesse	12
3.1	Theorie der regionalisierten Variablen	12
3.2	Variogramm	16
3.2.1	Variogrammschätzung	21
3.2.2	Variogrammanpassung	29
3.3	Kriging	35
3.3.1	Überblick über Krigingverfahren	39
3.3.2	Schätzfehler	42
3.4	Intrinsische Zufallsfunktionen k-ter Ordnung	43
4.	Nichtstationäre stochastische Prozesse	46
5.	Maßstab und Stützung	51
6.	Probenahme und Messung	55
7.	Meßnetz	59
7.1	Meßnetzeinrichtung	59
7.2	Meßnetzoptimierung	63

8.	Simulation stochastischer Prozesse	67
8.1	Überblick über Anwendungen und Verfahren	67
8.1.1	Simulation nach dem "turning band" Verfahren	73
8.2	Fallstudien mit Hilfe simulierter Daten	76
8.2.1	Meßnetzkonfiguration, Reichweite, Stichprobenumfang und Variogrammschätzung	82
8.2.2	Kleinräumige Variabilität und Stützung	91
8.2.3	Meßfehler	96
8.2.4	Meßgenauigkeit, Varianz und Meßnetzdichte	99
9.	Schlußfolgerungen	104
10.	Zusammenfassung	106
	Literaturverzeichnis	108

# Verzeichnis der Abbildungen

1.1	Stark vereinfachtes Ablaufschema einer Schätzung eines räumlichen stochastischen Prozesses	4
2.1	Komponenten eines raumzeitlichen stochastischen Prozesses	7
2.2	Beispiele für die Komponenten eines eindimensionalen raumzeitlichen stochastischen Prozesses	8
3.1	Zusammenhang zwischen Kovarianz und Variogramm bei Stationarität 2. Ordnung	15
3.2	Ablaufschema zur Schätzung des einem Prozeß zugrundeliegenden Variogramms	17
3.3	Prinzipbild eines Variogramms	18
3.4	Ablaufschema einer Datenanalyse im Vorfeld einer Variogrammschätzung	25
3.5	Sphärisches, Gauß'sches und exponentielles Variogrammmodell	30
3.6	Lineares Modell und Potenzmodell	30
3.7	Das Verhalten von Variogrammen im Nahbereich des Ursprungs	34
3.8	Hierarchie verschiedener Krigingschätzer	40
3.9	Polynommodelle für verallgemeinerte Kovarianzen mit der Ordnung $k \leq 2$	44
4.1	Lokale Stationarität und globaler Trend	47
4.2	Lokaler Trend und globale Stationarität	47
5.1	Beeinflussung des Variogramms durch unterschiedliche Stützung	52
5.2	Regularisierung eines Variogramms	53
7.1	Vierstufiges geschachteltes Meßnetz auf einem 1 km Raster (a) balanciert, (b) unbalanciert	60
7.2	Verzweigungsbäume der vierstufigen geschachtelten Meßnetze (a) balanciert, (b) unbalanciert	60



---

7.3	Räumliche Konfiguration der Meßpunkte um ein Zentrum eines unbalancierten geschachtelten Meßnetzes	62
7.4	Anzahl der Meßpunkte für ein balanciertes und ein unbalanciertes geschachteltes Meßnetz	62
7.5	Zweidimensionale Punktmuster bei jeweils gleicher Anzahl von Meßpunkten	64
7.6	Mittlere quadratischer Fehler bei einem quadratischen Meßnetzraster	65
8.1	Eindimensionales Beispiel für den Zusammenhang zwischen Realität, Kriging und bedingter Simulation <sup>0</sup>	68
8.2	Dreidimensionale Darstellung einer Krigingschätzung fiktiver Meßwerte	69
8.3	Dreidimensionale Darstellung der Krigevarianz der Krigingschätzung in Abb. 8.2	69
8.4	Dreidimensionale Darstellung einer bedingten Simulation. Eine mögliche Prozeßrealisation der Meßwerte, die in Abb. 8.2 verwendet werden	70
8.5	Dreidimensionale Darstellung einer bedingten Simulation. Eine mögliche Prozeßrealisation der Meßwerte, die in Abb. 8.2 verwendet werden	70
8.6	Ablaufschema einer bedingten Simulation nach dem "turning band" Verfahren	74
8.7	Zusammenhang zwischen der eindimensionalen Simulation auf einer Geraden und der zugeordneten Bänder	75
8.8	Dreidimensionale Darstellung der simulierten Grundgesamtheit SIM1	78
8.9	Dreidimensionale Darstellung der simulierten Grundgesamtheit SIM2	78
8.10	Dreidimensionale Darstellung der simulierten Grundgesamtheit SIM3	79
8.11	Variogramm von SIM1	80
8.12	Variogramm von SIM2	80
8.13	Variogramm von SIM3	80
8.14	Variogramm der Rasterstichprobe mit $n=100$ aus SIM2	85
8.15	Variogramm der Zufallsstichprobe mit $n=100$ aus SIM2	85
8.16	Variogramm von SIM5	91
8.17	Variogramm von SIM6	91

---

8.18	Variogramme der Zufallsstichproben mit $n = 100$ aus SIM5	92
	a) Stützung 1	
	b) Stützung 9	
	c) Stützung 25	
	d) Stützung 49	
8.19	Variogramme der Zufallsstichproben mit $n = 100$ aus SIM6	94
	a) Stützung 1	
	b) Stützung 9	
	c) Stützung 25	
	d) Stützung 49	
8.20	Variogramme der Zufallsstichproben mit $n = 169$ aus SIM3	98
	a) ohne Fehler	
	b) mit 5% Fehler	
	c) mit 10% Fehler	
	d) mit 20% Fehler	
	e) mit 30% Fehler	
8.21	Variogramm von SIM4	113
8.22	Variogramme der Zufallsstichproben aus SIM4	102
	a) $n = 169$ ohne Meßfehler	
	b) $n = 169$ mit 20% Meßfehlern	
	c) $n = 169$ mit 10% Meßfehlern	
	d) $n = 338$ mit 20% Meßfehlern	

## Verzeichnis der Tabellen

8.1	Deskriptive Statistik und Variogrammparameter der Stichproben aus SIM1	83
8.2	Auswertung der Krigingschätzungen der Stichproben aus SIM1	84
8.3	Deskriptive Statistik und Variogrammparameter der Stichproben aus SIM2	85
8.4	Auswertung der Krigingschätzungen der Stichproben aus SIM2	86
8.5	Deskriptive Statistik und Variogrammparameter der Stichproben aus SIM3	87
8.6	Auswertung der Krigingschätzungen der Stichproben aus SIM3	88
8.7	Auswertung der Krigingschätzungen der Stichproben aus SIM1 und SIM2 mit dem Variogrammmodell der jeweiligen Grundgesamtheit	89
8.8	Auswertung der Krigingschätzungen der Stichproben aus SIM6 mit den 15 nächsten Nachbarn	90
8.9	Deskriptive Statistik und Variogrammparameter der Stichproben aus SIM5	92
8.10	Auswertung der Krigingschätzungen der Stichproben aus SIM5	93
8.11	Deskriptive Statistik und Variogrammparameter der Stichproben aus SIM6	94
8.12	Auswertung der Krigingschätzung der Stichproben aus SIM6	95
8.13	Deskriptive Statistik und Variogrammparameter der fehlerbehafteten Stichproben aus SIM2	97
8.14	Auswertung der Krigingschätzungen der fehlerbehafteten Stichproben) aus SIM3	97
8.15	Deskriptive Statistik und Variogrammparameter an fehlerbehafteten Stichproben aus SIM2	100
8.16	Auswertung der Krigingschätzungen der fehlerbehafteten Stichprobe aus SIM2	100
8.17	Deskriptive Statistik und Variogrammparameter der fehlerhaften Stichprobe aus SIM4	101
8.18	Auswertung der Krigingschätzungen der fehlerbehafteten Stichproben aus SIM4	101