

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 123–129	4 Abb., 4 Tab., 9 Lit.
----------------------------------	--------------	---------------	------------	------------------------

Geostatistische Untergrundmodellierung im glazial geprägten geologischen Umfeld des Zentrums von Berlin

OSWALD MARINONI

1. Einführung

Die Nutzung probabilistischer Ansätze zur Beschreibung der Untergrundgeometrie gehört in der Baugrundmodellierung nicht zu den routinemäßig verwendeten Techniken. Da stochastische Verfahren in den Geowissenschaften zur Risikoabschätzung, zur Entscheidungsfindung oder, wie das vor einigen Jahren in der Geotechnik eingeführte probabilistische Sicherheitskonzept zeigt, auch bei der geotechnischen Bemessung eine immer wichtigere Rolle spielen, wäre die breitere Nutzung von Verfahren, die den Untergrundaufbau auf einer probabilistischen Basis beschreiben, als logische Konsequenz zu betrachten. In den letzten Jahren wurden daher im Zentrum Berlins umfassende geostatistische Studien durchgeführt und die Nutzungsmöglichkeiten einer geostatistischen Untergrundgeometrisierung für die Belange der Baugrundmodellierung ausgelotet.

2. Problematik der Untergrundgeometrisierung

Generell steht die in der Regel hohe Komplexität tatsächlicher geologischer Verhältnisse einer einfachen mathematischen Beschreibung entgegen. Da geowissenschaftliche Fragestellungen in der Regel über den Einschichtfall hinausgehen, nimmt der Grad an Komplexität mit jeder zu berücksichtigenden Schicht zu. Der Schwierigkeitsgrad erhöht sich deutlich durch die notwendige Berücksichtigung strukturgeologischer Aspekte. So gestaltet sich eine Modellierung bei söhligem Lagerungsverhältnissen einfacher als in einem glazial geprägten Gebiet, wo mit der Eisüberföhrung eine enorme Umgestaltung und Störung des Untergrundes einherging.

Neben den durch die Auflast und Bewegung des Eispanzers bedingten Faltungen und Stauchungen des unmittelbaren Untergrundes kam es durch austretende Schmelzwässer auch im Gletschervorland zu erheblichen erosiven Umformungsprozessen. Wechselhafte Strömungsverhältnisse führten aber auch dazu, dass z. T. in engräumigen Bereichen das gesamte Spektrum an klastischen Sedimenten abgelagert wurde. Bei Untergrunderkundungen in solch überprägten Gebieten drücken sich diese sehr wechselhaften Bildungsbedingungen in einer starken Variation z. B. der Schichtmächtigkeiten oder in einem schnellen Wechsel angetroffener Schichtfolgen auf kurzer Distanz aus.

Die Kenntnis der Untergrundgeometrie ist nicht nur für geowissenschaftliche, sondern beispielsweise auch für inge-

nieurgeotechnische Belange einer der wichtigsten Randparameter, bestimmen doch der Schichtenaufbau und der Schichtenverlauf die Grenzen von Homogenbereichen, innerhalb derer beispielsweise ähnliches Durchlässigkeitsverhalten oder auch ein ähnliches Verhalten bei mechanischer Belastung angesetzt wird. Insofern ist es überraschend, dass Veröffentlichungen zur Untergrundgeometrisierung relativ selten sind (BURGER 1997).

3. Probleme beim Ansatz geostatistischer Verfahren

Für die Nutzung geostatistischer Verfahren spricht neben ihrer Erprobtheit in verschiedensten Bereichen der Geowissenschaften vor allem die Vielzahl an Modellansätzen, die zur Beschreibung der räumlichen Korrelation zur Verfügung stehen. Damit ist bei der Modellierung des Untergrundes ein auf die vorliegenden geologischen Verhältnisse gut angepasstes Agieren möglich. Ein weiterer wichtiger Grund für die Anwendung geostatistischer Verfahren liegt in der Möglichkeit vorhandene Korrelationsmodelle im Rahmen von Interpolationsverfahren, die in der Geostatistik verallgemeinert als Kriging bezeichnet werden, zu nutzen. Mit Hilfe dieser mathematisch weitgehend objektiven Verfahren kann so der hohe Grad an Subjektivität, der allen auf der Intuition und Erfahrung eines Bearbeiters beruhenden „klassisch“ generierten Modellen innewohnt, reduziert werden.

Wie bei anderen statistischen Verfahren auch, sind die Ergebnisse der Geostatistik um so verlässlicher, je mehr Daten zur Verfügung stehen. Der Aufsatz von BLANCHIN & CHILÈS (1993), der die Nutzung von geostatistischen Methoden zur Vorhersage des Schichtenverlaufes im Rahmen des Kanal-tunnelprojektes beschreibt, aber auch andere Autoren (KREUTER 1996, MARINONI 2000) haben in diesem Zusammenhang deshalb auf ein wesentliches Dilemma hingewiesen: Die Anwendung geostatistischer Verfahren ist fast ausschließlich auf Projekte beschränkt, die aufgrund ihrer wirtschaftlichen Größenordnung einen besonders großen Datenpool aufweisen und somit erst eine verlässliche geostatistische Auswertung erwarten lassen. Kleinere, weniger bedeutende Projekte können im Regelfall nur einen Datenpool aufweisen, der eine geostatistische Auswertung nicht rechtfertigt oder die Ergebnisse einer solchen Auswertung unzuverlässig erscheinen lassen.

Der Nachteil eines kleinen Datenpools läßt sich nur umgehen, indem die für Kriging-Analysen notwendigen Parame-

ter der räumlichen Korrelation innerhalb eines Gebietes als bekannt vorausgesetzt werden können. Hierzu können Tabellen dienen, die aus vorhergehenden Parameterstudien resultierend, die Korrelationsparameter für zuvor definierte geologische Grundgesamtheiten enthalten. Um zu einer geologischen Grundgesamtheit gezählt zu werden, reicht es allerdings nicht aus, einen ähnlichen Bildungszeitraum mit ähnlichen Bildungsbedingungen zu konstatieren. Vielmehr können nach Auffassung des Autors solche in Tabellenwerken enthaltenen Werte zunächst nur in dem unmittelbaren Umfeld angewandt werden, in denen sie ermittelt wurden.

diverser Verkehrs- und Regierungsbauprojekte, aber auch zahlreicher Großprojekte von Privatinvestoren in den letzten 10 Jahren zahlreiche Neuaufschlüsse erstellt, die zusammen mit vorhandenen Altaufschlüssen im Rahmen der im Folgenden dargestellten geostatistischen Untersuchungen herangezogen werden konnten.

4. Geologie des Arbeitsgebietes

Die folgende Abbildung zeigt eine stark vereinfachte geologische Karte des Berliner Stadtgebietes, welches von quartären Sedimenten dominiert wird.



Abb. 1

Oberflächennahe Geologie des Berliner Stadtgebietes. Das Viereck markiert die Lage des Arbeitsgebietes (verändert aus HERMSDORF 1995)

Eine nachträgliche Ausweitung der Gültigkeitsbereiche ist nicht ausgeschlossen, jedoch ist eine Ausweitung nur legitim, wenn die räumliche Korrelation eines betrachteten Merkmals innerhalb der hinzuzufügenden Bereiche als bekannt vorausgesetzt werden kann und keine allzu großen ggf. auf lokale geologische Phänomene zurückzuführende Abweichungen von den bis dahin zur Verfügung stehenden Korrelationsparametern bestehen. Ansonsten wäre eine neue Grundgesamtheit zu definieren und dem bestehenden Gültigkeitsbereich ein weiterer hinzuzufügen.

Das Erstellen solcher Tabellenwerke setzt allerdings die Durchführung umfassender Vergleichs- und Parameterstudien voraus, die, um verlässlich zu sein, auf einem entsprechenden Datenpool basieren müssen. Insofern bleiben verlässliche Parameterstudien auf Gebiete beschränkt, die einen überdurchschnittlich hohen Erkundungsstand aufweisen. Ein solches Areal ist beispielsweise das Berliner Stadtgebiet. Insbesondere im zentralen Bereich Berlins wurden aufgrund

Innerhalb des sich im Berliner Urstromtal befindlichen Arbeitsgebietes treten zuoberst anthropogene Auffüllungen auf, die Mächtigkeiten von z. T. mehreren Metern erreichen. Den Auffüllungen folgen holozäne organische Sedimente oder auch holozäne schluffige Feinsande, die allerdings nur im Umfeld der Spree angetroffen werden. Wo diese holozänen Abfolgen fehlen, liegt die Auffüllung direkt auf den glaziofluvialen pleistozänen Sanden des Berliner Urstromtales (Obere Talsandfolge), die Mächtigkeiten von mitunter mehreren 10er Metern erreichen und flächendeckend im gesamten Arbeitsgebiet auftreten. Im tieferen Liegenden befinden sich Ablagerungen von Geschiebemergel, die allerdings nicht flächendeckend anstehen, sondern immer wieder lokale Fehlstellen („Geschiebemergelfenster“) aufweisen. Ebenfalls anzutreffen sind, allerdings lokal auf den Bereich des Spreebogens begrenzt, tonig-schluffige Sedimente. Weiter im tieferen Liegenden sind die Talsande der Unteren Talsandfolge anstehend (Abb. 2), die oftmals erbohrt, in der Regel jedoch nicht vollständig durchteuft wurden. Im Rahmen der in den

folgenden Abschnitten erläuterten geostatistischen Analyse der Schichtmächtigkeiten wurde die Untere Talsandfolge deshalb nicht berücksichtigt.

Generell sind die Schichtmächtigkeiten der angesprochenen Schichten aufgrund der glazigenen bzw. glaziofluviatilen Bildung starken Variationen schon bei geringen Distanzen unterworfen.

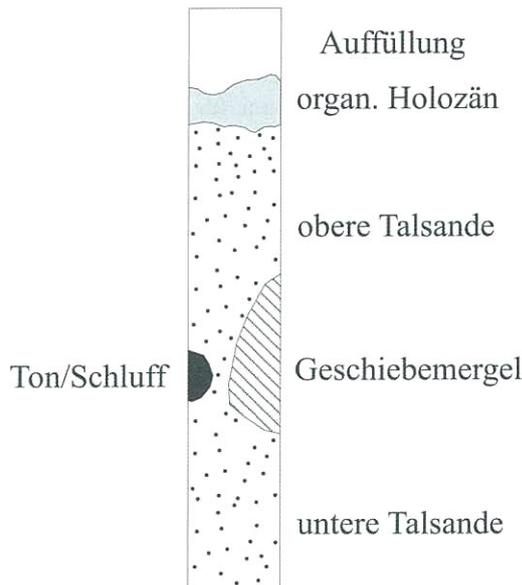


Abb. 2
 Profil des Arbeitsgebietes (verändert aus MARINONI & TIEDEMANN 1998)

5. Geostatistische Parameterstudien

Für die im Folgenden geschilderten Parameterstudien zur räumlichen Korrelation stand die Information von insgesamt 750 Bohrungen zur Verfügung, die über einem Areal von etwa 2,5 km² verteilt waren (s. Abb. 3). Die Gesteinsansprachen dieser Bohrungen wurden zunächst gesichtet und mit einer schichtspezifischen Zuordnung zu einer Grundgesamtheit in einer Datenbank systematisch abgelegt. Dabei wurden den im vorangegangenen Abschnitt genannten Abfolgen entsprechend die folgenden in Tabelle 1 aufgeführten Grundgesamtheiten festgelegt:

Tab. 1
 Definierte Grundgesamtheiten im Modellgebiet

Bodenart	Grundgesamtheit
Auffüllung	A
holozäne, schluffige Feinsande	S0
organische, holozäne Folgen	H
Sande der Oberen Talsandfolge	S1
Schluff-Tonfolgen	U1
Geschiebemergel	Mg1
Sande der Unteren Talsandfolge	S2

Da die Zielsetzung in einer ingenieurgeologischen Baugrundmodellierung bestand, standen bei der Systematisierung der vorhandenen Gesteinsarten ihre bautechnischen Eigenschaften im Vordergrund, die bei den vorhandenen Grundgesamtheiten beträchtlich variierten.

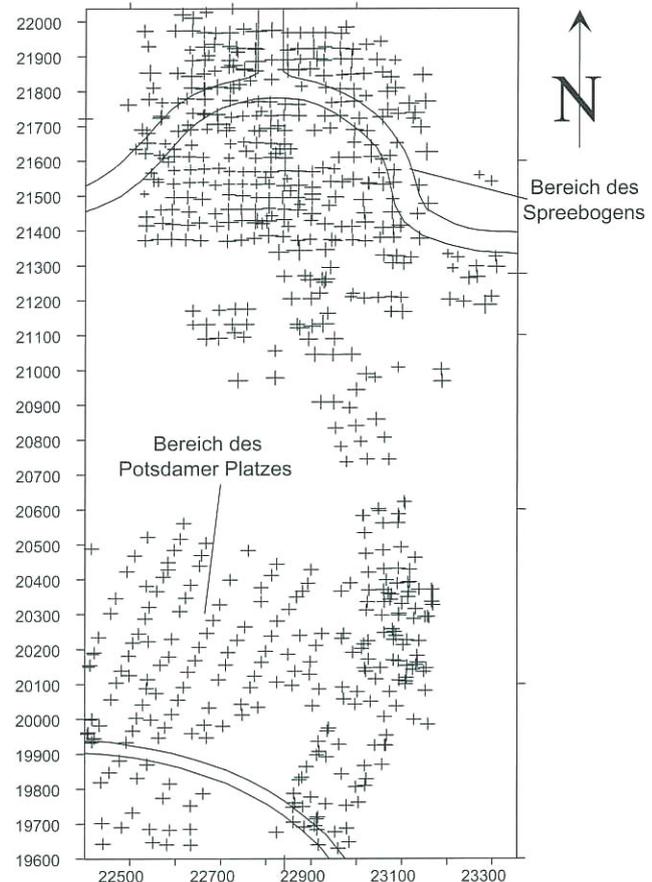


Abb. 3
 Lageskizze der zur Verfügung stehenden Aufschlussbohrungen im Bereich des Spreebogens und des Potsdamer Platzes (leicht verändert aus MARINONI 2000)

So weisen die Talsande bei dichter bis sehr dichter Lagerung der Unteren Talsande und lockerer, größtenteils jedoch mitteldichter Lagerung der Oberen Talsande insgesamt gutes Tragfähigkeitsverhalten auf. Hinsichtlich der Tragfähigkeit ist der Geschiebemergel bei steifer bis halbfester, z. T. fester Konsistenz ebenfalls als gut tragfähig einzustufen, er ist allerdings aufgrund seiner niedrigen Durchlässigkeit als Grundwassernichtleiter aber auch als potenzielle natürliche Baugrubensohldichtung von den Sanden deutlich zu unterscheiden. Die Grundgesamtheit der Schluff-Tonfolgen unterscheidet sich von dem Geschiebemergel vor allem durch den fehlenden Sandanteil und die völlige Abwesenheit von nordischen Geschieben. Aufgrund ihres schlechten Tragfähigkeitsverhaltens bildeten die holozänen organischen Folgen und die holozänen schluffigen Feinsande in Spreenähe ebenfalls je eine eigene Grundgesamtheit. Die hinsichtlich ihrer bautechnischen Eigenschaften im allgemeinen schwieriger zu charakterisierende Auffüllungsschicht, die in einer lockeren, teilweise jedoch auch dichten Lage-

rung vorliegt, wurde aufgrund ihrer anthropogenen Überprägung (auftreten von Bauschutt etc.) ebenfalls als eigene Grundgesamtheit betrachtet.

Für jede der definierten Grundgesamtheiten erfolgten anschließend Parameterstudien zur räumlichen Korrelation des Parameters Schichtmächtigkeit. Dazu wurden die in einer Datenbank abgelegten Bohrungen in einem ersten Schritt nach den Mächtigkeiten der jeweiligen Grundgesamtheit abgefragt. Die Abfrageergebnisse wurden dabei in einem Format abgelegt, welches eine sofort anschließende statistische und geostatistische Analyse durch entsprechende Spezialprogramme erlaubte. Zur Beschreibung der geostatistischen Verfahren sei hier auf ISAACS & SRIVASTAVA (1989), DEUTSCH & JOURNAL (1998) oder AKIN & SIEMES (1988) verwiesen.

Vor der Analyse der räumlichen Korrelation erfolgte zunächst die deskriptiv statistische Analyse der Abfrageergebnisse. Hier wurden Ausreißerwerte identifiziert, die, sofern sie die anschließenden Parameterstudien störten, aus dem Datenpool entfernt wurden.

Die anschließende Analyse der räumlichen Korrelation erfolgte, um etwaige Anisotropien zu erfassen, in Form von richtungsabhängigen Semivariogrammanalysen. Dabei wurden die Semivariogramme unter Ansatz variierender Analyserichtungen, Schrittweiten und Toleranzkriterien berechnet. Um die Qualität der ermittelten Modelle der räumlichen Korrelation zu überprüfen, wurden diese anschließend im Rahmen einer Kreuzprüfung angesetzt. Hierzu wird aus dem vorhandenen Datenpool jeweils ein Bohrpunkt entfernt und dieser durch die umliegenden Bohrpunkte unter Ansatz der ermittelten räumlichen Korrelation abgeschätzt. Diese Prozedur wird für alle vorhandenen Bohrpunkte wiederholt. Um eine qualitative Einstufung der ermittelten Modelle der räumlichen Korrelation zu ermöglichen, existieren anschließend mehrere Möglichkeiten. So sind die ermittelten Modelle der räumlichen Korrelation umso besser, je kleiner die Streubreite der resultierenden Population aus den Differenzen der Realwerte und deren Schätzungen ist. Möglich ist auch ein Auftragen der Schätzwerte über den Realwerten. Stimmen Schätzwerte und Realwerte im Idealfall zu 100% überein, so liegen die Punkte des Streudiagramms auf der Winkelhalbierenden. Ebenfalls können die Quantile der Realwertpopulation über den Quantilen der Schätzwertpopulation aufgetragen werden. Sind beide Populationen identisch, so ergibt sich eine ebenfalls auf der Winkelhalbierenden liegende Punktwolke.

5.1 Variation der Testgebietsgröße

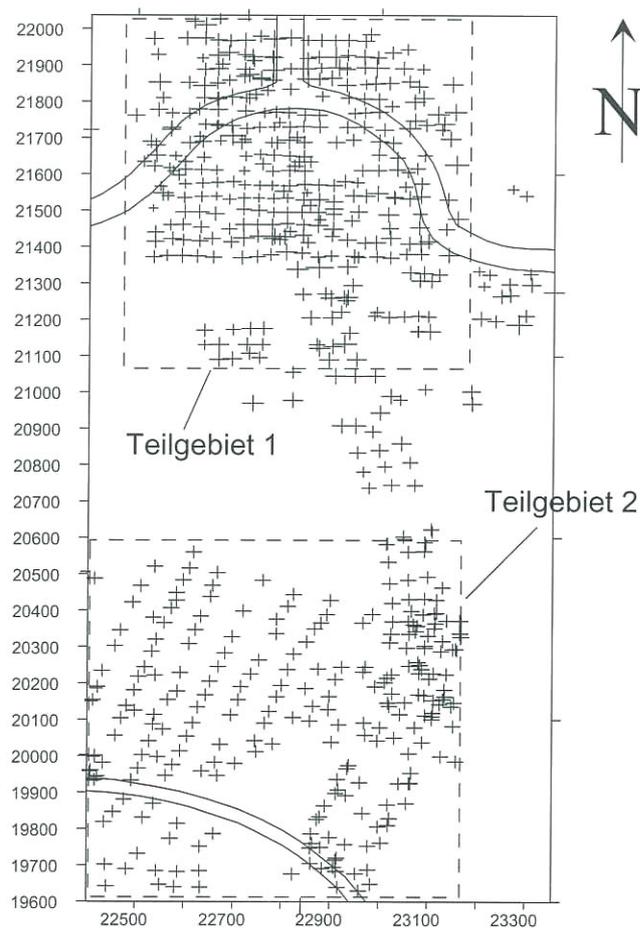
Die Streuung der Mächtigkeiten einer Schicht innerhalb des Projektgebietes muß maßstabsabhängig betrachtet werden. So muß zwischen der globalen Streuung, in die alle vorhandenen Werte einfließen, und lokalen Streuungen, beispielsweise in Bereichen besonders hoher oder auch niedriger Mächtigkeitswerte, unterschieden werden. Insofern kann damit gerechnet werden, dass je nach betrachtetem Maß-

stab lokal zu unterscheidende Muster der räumlichen Korrelation existieren.

Folgerichtig ist es kaum zu rechtfertigen, die räumliche Korrelation unter Angabe absoluter Modellparameter zu beschreiben. Sinnvoller ist vielmehr die Angabe relativer Modellparameter, beispielsweise des prozentualen Anteils der Zufallkomponente am Korrelationsmodell.

Um lokal abhängige Schwankungen der Korrelationsparameter zu untersuchen, wurde das Untersuchungsgebiet deshalb in kleinere Teilbereiche unterteilt (Abb. 4). Diese Studien wurden allerdings nur für die Obere Talsandfolge S1 durchgeführt, da sie die einzige flächendeckende Schicht innerhalb des Untersuchungsgebietes ist. Alle anderen untersuchten Schichten treten innerhalb des Untersuchungsgebietes mehr oder weniger lokal begrenzt auf; insofern wurde bei diesen Schichten keine weitere Gebietsunterteilung vorgenommen.

Abb. 4
Unterteilung des Gesamtgebietes in zwei Teilgebiete (leicht verändert aus MARINONI 2000)



Die statistischen Parameter der S1-Schichtdicken variierten aufgrund der Abhängigkeit von den lokalen Verhältnissen z. T. deutlich, jedoch zeigte sich, dass einige Modellparameter der räumlichen Korrelation sich in engeren Grenzen bewegen (Tab. 2 und Tab. 3).

Tab. 2
Deskriptiv statistische Parameter der untersuchten Mächtigkeiten der Oberen Talsandfolge (MARINONI 2000)

	Teilgebiet 1	Teilgebiet 2	Gesamtgebiet*
Anzahl:	337	245	659
Mittelwert [m]:	12,79	7,70	10,90
Standardabweichung [m]:	4,76	2,09	4,78
Varianz [m ²]:	22,66	4,38	22,84
Variationskoeffizient [-]:	0,37	0,27	0,44
Minimum [m]:	1,30	2,00	0,40
0.25-Quartil [m]:	9,70	6,70	7,55
Median [m]:	12,50	7,70	9,70
0.75 Quartil [m]:	15,40	8,90	13,60
Maximum [m]:	31,90	21,80	31,90

*: Die Summe der Bohrungen der Teilgebiete 1 und 2 ist nicht identisch mit der des Gesamtgebietes

Tab. 3
Parameter der räumlichen Korrelation der untersuchten Mächtigkeiten der Oberen Talsandfolge (MARINONI 2000)

	Teilgebiet 1	Teilgebiet 2	Gesamtgebiet
Nugget-Varianz C_0 [m ²]:	11,7	1,72	9,66
Schwellenwert C [m ²]:	10,3	2,29	8,27
Gesamtschwellenwert C_0+C [m ²]:	22	4,01	17,93
Anteil der Nugget-Varianz am Gesamtschwellenwert [%]:	53	43	53
Reichweite a [m]:	150	140	147
Anisotropieverhältnis [-]:	1	0,73	1
Orientierung der längeren Anisotropiehauptachse [°] (E-W-Richtung = 0°):	-	45	-
Stichprobenvarianz / (C_0+C)	1,03	1,09	1,27

Diesen in Tabelle 3 hervorgehoben dargestellten Werten kann entnommen werden, dass der Anteil der Nugget-Varianz am Gesamtschwellenwert des Parameters Schichtmächtigkeit der Oberen Talsandfolge in recht engen Grenzen zwischen 43% und 53% schwankt. Die Reichweite der räumlichen Korrelation kann mit Werten zwischen 140 und 150 m angegeben, das Anisotropieverhältnis als isotrop bis schwach anisotrop bezeichnet werden.

Da diese Angaben auf einer umfangreichen Datenbasis beruhen, können sie in angrenzenden Bereichen innerhalb des Berliner Urstromtals für zukünftige, auf geringerem Datenumfang basierende Mächtigkeitsmodellierungen der Oberen Talsandfolge als erste orientierende Basisparameter verwendet werden. Es sei in diesem Zusammenhang allerdings auf die im Abschnitt 3 erläuterten Probleme verwiesen.

6. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der durchgeführten Parameterstudien zur räumlichen Korrelation der Schichtmächtigkeiten der ober-

sten Schichtenfolgen im Urstromtal des zentralen Bereiches von Berlin sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Die dort fehlende Auffüllung wurde als anthropogen beeinflusste bzw. gebildete Abfolge, die keine natürlich ausgebildete räumliche Korrelation aufweist, von den Parameterstudien ausgeklammert. Es wird empfohlen, die räumliche Korrelation von Auffüllungsschichten immer projektgebietsbezogen zu ermitteln.

Die in Tabelle 4 grau hinterlegten Parameter können, da sie auf einem großen Datenpool beruhen und damit für eine gewisse Repräsentanz bürgen, für zukünftige geostatistische Modellierungen im Umfeld des Modellgebietes innerhalb des Berliner Urstromtals als erste orientierende Parameteransätze verwendet werden.

Besonders sei auf das $\sigma^2/(C_0+C)$ Verhältnis hingewiesen, mit dessen Hilfe auf einer vorliegenden Stichprobenvarianz basierende Abschätzungen des Gesamtschwellenwertes erfolgen können.

Tab. 4

Parameter der räumlichen Korrelation der Schichtmächtigkeiten der geotechnisch relevanten Schichtenfolgen im zentralen Bereich Berlins (MARINONI 2000)

Einheit	U1*	H*	S0*	Mgl*	S1
Modelltypus (sph. = sphärisch)	sph.	sph.	sph.	sph.	sph.
Gesamtschwellenwert C_0+C [m ²]	7,02	0,99	0,73	9,11	lokal variierend (s.Tabelle 3)
Verhältnis $C_0 / (C_0+C)$ [-]	0,21	0,26	0,06	0,31	0,43 - 0,53
Reichweite a der längeren Anisotropiehauptachse [m]	100	154	87	292	140 - 150
Anisotropieverhältnis [-]	0,44	0,53	0,84	0,54	0,75 - 1
Richtungswinkel der längeren Anisotropiehauptachse (E-W = 0°) [°]	158	6	14	3	bei Anisotropie ca. 45°
Anzahl n der zugrundeliegenden Bohrungen [-]	76	108	122	262	> 550 (s.Tabelle 2)
Stichprobenvarianz σ^2 [m ²]	7,4	1,46	1	9,42	22,84
Verhältnis $\sigma^2 / (C_0+C)$ [-]	1,05	1,47	0,73	1,03	1,0 - 1,3

* über lokale Variationen der aufgeführten Parameter können basierend auf den durchgeführten Untersuchungen (s. Abschnitt 5) momentan nur Angaben zur S1-Folge gemacht werden

Die aufgeführten Parameter ersetzen jedoch keine an das jeweilige Projektgebiet angepasste Semivariogrammanalyse. Insofern sind sie als Hilfsmittel für frühe orientierende Projektphasen zu verstehen, die mit wachsendem Informationsstand innerhalb eines Projektverlaufes laufend überprüft und gegebenenfalls angepasst werden müssen. Weiter einschränkend ist zu vermerken, dass die genannten Parameter nur für die Schichtfolgen Gültigkeit besitzen, die nach den Kriterien des Abschnitts 5 zusammengefasst wurden.

Die vorgestellte Vorgehensweise ist ein erster möglicher Schritt, die Nutzung geostatistischer Verfahren im Rahmen zukünftiger, unter Umständen auch kleinerer Projekte zu ermöglichen. Die damit verbundenen Vorteile bestehen insbesondere in der erhöhten Objektivität und den weitreichenden Möglichkeiten der Modellvisualisierung (vgl. die eingehende Diskussion bei MARINONI 2000).

Es sei abschließend nochmals vermerkt, dass die ermittelten Modellparameter keine endgültigen Wertfestlegungen darstellen, sondern dass eine beständige Präzisierung durch weitergehende Projekt- bzw. Parameterstudien notwendig ist. Des Weiteren sei auf die Möglichkeit hingewiesen, dass sich eine Durchführung analoger Studien auch in anderen dicht aufgeschlossenen Arealen, d. h. insbesondere in innerstädtischen Bereichen, anbietet.

Zusammenfassung

Der Anwendung geostatistischer Techniken steht oftmals der geringe Umfang der zur Verfügung stehenden geologi-

schen Daten im Wege. In diesem Aufsatz werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie Parameterstudien zur räumlichen Korrelation des geometrischen Parameters Schichtdicke im dicht aufgeschlossenen Zentrum Berlins zur Herleitung von Modellparametern genutzt wurden, die im Rahmen zukünftiger Untergrundmodellierungen, die auf einem geringen Informationsstand basieren, im nächsten Umfeld des Arbeitsgebietes herangezogen werden können.

Summary

The application of geostatistical methods is often limited to areas with large amounts of geological data. This paper describes the performance of parametric studies of the spatial correlation of layer thicknesses in the central area of Berlin where a lot of investigation sites was available. As a result of these parametric studies, model-parameters of the spatial correlation of the layer thicknesses have been derived. With the help of these model-parameters, the application of geostatistical methods will be facilitated for smaller future projects with sparse geological information.

Danksagung

Für das zur Verfügungstellen der zur Durchführung der präsentierten Parameterstudien notwendigen Daten ist einer Reihe von Institutionen und Organisationen Dank auszusprechen. Hier seien insbesondere die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie von Berlin, die Senatsverwaltung für Bauen, Wohnen und Verkehr

von Berlin so wie die Deutsche Bahn Projekt GmbH Knoten Berlin genannt.

Literatur

- AKIN, H. & H. SIEMES (1988): Praktische Geostatistik. - Eine Einführung für den Bergbau und die Geowissenschaften. - 304 S., Berlin (Springer)
- BLANCHIN, R. & J.-P. CHILÈS (1993): The Channel Tunnel: Geostatistical Prediction of the Geological Conditions and its Validation by the Reality. - *Mathematical Geology* **25**, 7, S. 963-974, Columbia
- BURGER, H. (1997): 3D-Modelling of Multi-Layer Deposits under Uncertainty. - *Proceedings of the IAMG*, S. 433-438, Barcelona
- DEUTSCH, C. V. & A. G. JOURNAL (1998): GSLIB - Geostatistical software library and user's guide. - 369 S., New York (Oxford University Press)
- ISAAKS, E. H. & R. M. SRIVASTAVA (1989): Applied Geostatistics. - 561 S., New York (Oxford University Press)
- KREUTER, H. (1996): Ingenieurgeologische Aspekte geostatistischer Methoden. - *Veröff. d. Inst. f. Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Fridericiana Karlsruhe*, Nr. 138, 140 S., Karlsruhe
- HERMSDORF, N. (1995): Zur quartären Schichtenfolge des Teltow-Plateaus. - *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge* **2**, 1, 27-37, Kleinmachnow
- MARINONI, O. & J. TIEDEMANN (1998): Application of geostatistical methods for optimization of geological models. - *Proc. IAEG Conference*, S. 235-242, Vancouver
- MARINONI, O. (2000): Geostatistisch gestützte Erstellung baugewisser Modelle am Beispiel des Zentralen Bereiches von Berlin. - *Diss. am Fachgebiet Ingenieurgeologie der TU Berlin*, 149 S., Berlin (Mensch & Buch Verl.)

Anschrift des Autors:

Dr. Oswald Marinoni
Technische Universität Darmstadt
Institut für Angewandte Geowissenschaften
Fachgebiet Georessourcen und Georisiken
Schnittspahnstraße 9
64287 Darmstadt
email: Marinoni@geo.tu-darmstadt.de