

Beitragsserie: UVP und Ökometrie

Hrsg.: Dr. Th. Bunge, Dipl.-Geoökol. L. Ries, Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, D-W-1000 Berlin 33

Die Beitragsserie aus den Ausgaben 2 – 5/1992 wird hier fortgesetzt.

3 EDV-Anwendungen

– Computergestützte Entscheidungstechnik

am Beispiel des Ökologischen Planungsinstruments Berlin

Dipl.-Math. Ralph Tietze

CADMAP – Raumbezogene Informationssysteme GmbH & Co. KG, Bundesallee 54, D-W-1000 Berlin 31

Zusammenfassung. Der Beitrag zeigt eine computergestützte Entscheidungsfindung bei umweltbezogenen und planerischen Problemstellungen. Am Beispiel des Ökologischen Planungsinstruments Berlin wird dargestellt, wie mit einer geographischen Datenbasis und zusätzlichen, ökologisch und planerisch relevanten Sachinformationen Verfahren der räumlichen Statistik und der mathematischen Datenbewertung eingesetzt werden. Das Planungssystem wird zum weiteren Ausbau des Umweltatlas Berlin verwendet. In der gegenwärtigen Version werden damit Umweltdaten aus dem Stadtgebiet Berlin und seinem Umland bearbeitet.

1 Beschreibung des Planungsinstruments

1.1 Struktur

Das Planungsinstrumentarium bildet ein umfassendes Konzept zur Unterstützung planerischer Verfahren durch graphische Datenverarbeitung, geostatistische Verfahren und angewandte Entscheidungstechniken. Es gliedert sich in vier Teile:

1. Räumliches Bezugssystem

Es verwaltet die numerischen und geometrischen Ausgangsdaten, erlaubt einfache Verknüpfungen von Sachdaten untereinander sowie eine Zuordnung von Sach- und Geometriedaten (z.B. in der Form flächenbezogener Wirtschafts- und Umweltdaten).

2. Auswertesystem

Hier werden Funktionen zum meßwertorientierten Zugriff auf die Daten des räumlichen Bezugssystems sowie zur Auswertung ausgewählter Datenmengen angeboten mit

- Methoden der konventionellen, raumbezogenen Statistik (Klassenverteilung, Wertverteilung)
- Methoden der geostatistischen Analyse und Interpolation (Trendflächenanalyse, Kriging)
- Darstellungsverfahren zur Erstellung von Geländemodellen (Isolinien, Profile, 3D-Darstellungen).

3. Planungssystem

Mit den Methoden dieses Programmteils können ausgewählte Daten über Nutzenfunktionen und einer darauf ba-

sierenden Wertsynthese (Entscheidungsmatrix, Bewertungskubus) aggregiert und beurteilt werden.

4. Darstellungs- und Ausgabesystem

Mit den vorstehenden Systemen erzeugte Karten und Bilder werden gespeichert und verwaltet. Sie können auf Zeichengeräte ausgegeben oder in andere Speicherformate umgewandelt werden.

1.2 Methoden

Für das *Auswertesystem* wird als Beispiel geostatistischer Interpolationsverfahren die Methode des **Kriging** erläutert. Im Bereich *Darstellungsverfahren* werden die Anwendungsmöglichkeiten digitaler Geländemodelle an Hand des Programmpaketes **SCOP** aufgezeigt. Weiterhin wird die Verwendung von **Entscheidungsmatrix** und **Bewertungskubus** im Planungssystem dargelegt.

1.3 Installation und Anwendung

Das ökologische Planungsinstrument ist in Berlin bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz auf Rechnern der Fa. Siemens unter dem Betriebssystem BS2000 implementiert. Die menüorientierte Benutzeroberfläche basiert auf dem interaktiven Graphikpaket SICAD. Alle Berechnungsprogramme der einzelnen Verfahren laufen (im Prinzip) unabhängig von der Benutzeroberfläche als eigenständige Programme.

2 Methoden

2.1 Kriging

Mit Hilfe eines statistischen Modells, das den *räumlichen Zusammenhang* von Meßwerten im Untersuchungsgebiet beschreibt, können für beliebige Orte im Untersuchungsraum (an denen keine Messungen existieren) Schätzwerte berechnet werden.

Das Verfahren basiert auf der mathematischen Theorie der regionalisierten Variablen. Voraussetzung zur Anwendung der Kriging-Interpolation ist die Variogrammanalyse, eine *richtungs-* und *entfernungsbezogene* Untersuchung der Ko-

varianz (bzw. des räumlichen Zusammenhangs) zwischen den zu untersuchenden Meßwerten. Das Variogramm zeigt das mittlere Verhalten der Varianz benachbarter Meßwerte in Abhängigkeit von der Entfernung von einem Meßpunkt und (bei Bedarf) seiner Richtung.

Mit dem Funktionsverlauf des empirischen Variogramms werden Voraussetzungen zur Rasterinterpolation graphisch kontrollierbar. Der Anwender kann damit *Schätzwerte methodisch fundiert* begründen.

2.2 Digitale Geländemodelle

Die Datenbasis eines digitalen Geländemodells besteht aus einer Rasterdatei, die das Untersuchungsgebiet *flächendeckend* erfaßt. Mit diesem Modell können Auswertungen wie Isolinienkarten, Geländeprofile oder perspektivische Zeichnungen erstellt werden. Ursprünglich entwickelt zur Auswertung von Geländehöhen (Topographie), läßt sich das digitale Geländemodell auch für andere Daten verwenden, die über ein bestimmtes Gebiet in ausreichender Genauigkeit erfaßt worden sind (z.B. Grundwasserhöhen, Niederschlagsmengen).

Im ökologischen Planungsinstrument Berlin wird zum Aufbau digitaler Geländemodelle das Programmpaket SCOP eingesetzt. Es besteht aus sieben Teilen, die jeweils einen eigenständigen Funktionsbereich abdecken:

- SCOP-DMS (data management system) verwaltet, sortiert und editiert die Ausgangsdaten,
- SCOP-DTM (digital terrain model) interpoliert das Geländemodell,
- SCOP-ISO zeichnet Isolinienkarten,
- SCOP-PER erstellt perspektivische Zeichnungen (Drahtmodelle),
- SCOP-PRO gibt Längs- und Querprofile aus,
- SCOP-SLO (slope) berechnet digitale Neigungsmodelle,
- SCOP-INT (intersect) baut ein Differenzmodell aus DTMs auf.

Ein zusätzlich erstelltes Programm erlaubt die graphische Ausprägung von Meßwerten bezüglich *Fließrichtungen* und *-geschwindigkeiten*. Hiermit können z.B. Grundwasserströmungen dargestellt werden.

Die Steuerung der SCOP-Berechnungen geschieht wie bei allen Verfahren vom Graphiksystem SICAD aus. Der Benutzer beschreibt zunächst die Berechnungsläufe in der SCOP-eigenen Kommandosprache. Die Berechnungen laufen dann als Hintergrundprozeß ab. Graphische Ergebnisse von SCOP können unter SICAD gespeichert und verwaltet werden. Ein Großteil der Funktionen von SCOP-DMS, -DTM und -ISO kann in Menüform bedient werden und befreit den Benutzer von der Kenntnis einer (ansonsten) sehr komplexen Kommandosprache.

2.3 Entscheidungsmatrix

Die Aufgabe einer Entscheidungsmatrix besteht darin, zwei Ausgangsvariable zu einer *qualitativen Bewertungsgröße* (in Klassen) zusammenzuführen. Zunächst werden die interessierenden Wertebereiche beider Ausgangsgrößen festgelegt. Diese werden in entscheidungsrelevante Werteklassen eingeteilt. Wurde die erste Variable in n Klassen und die

zweite in m Klassen eingeteilt, so erhält man eine (n,m) -Matrix von möglichen Entscheidungsfällen. Für jede Kombination der Werteklassen wird nun ein Ergebniswert der Zielgröße in die Matrix eingetragen.

Das Verfahren geht aus von einer ausgewählten Punktmenge, die über räumliche oder wertmäßige Suchanfragen aus der Datenbasis gewonnen wurde. Jeder Punkt enthält dabei mindestens die beiden auszuwertenden Sachdaten. Der Benutzer erstellt zunächst eine Statistik die Minima, Maxima und Streuung der Ausgangsdaten beinhaltet. Auf dieser Grundlage entscheidet der Benutzer, wieviele Klassen ihn für jedes Ausgangsdatum interessieren und wie er die Klassengrenzen ziehen möchte. Er bekommt dann eine entsprechend beschriftete zweidimensionale Matrix angezeigt, die alle möglichen Klassenkombinationen enthält. Anschließend legt er fest, wieviele verschiedene und welche Werte der Ergebnisaspekt erhalten soll. Schließlich wird interaktiv am Graphikbildschirm für jedes Matrixfeld eingetragen, welcher Ergebniswert in diesem Fall angenommen werden soll. In der anschließenden Berechnung wird jedem Punkt der gewählten Meßwertmenge anhand der erstellten Bewertungsmatrix ein Ergebniswert zugeordnet.

Die einzelnen Entscheidungsmatrizen können gespeichert und dann auf andere Punktmengen angewandt werden. Dieses Verfahren verdeutlicht und unterstützt Entscheidungsabläufe, in die *mehrere kontinuierliche Meßgrößen* eingehen, die jeweils einzeln zu klassifizieren sind.

2.4 Bewertungskubus

Mit der Anwendung des Bewertungskubus soll ebenfalls (siehe Entscheidungsmatrix) aus zwei Ausgangsgrößen eine Zielgröße aggregiert werden.

Als Zielgröße entsteht hier jedoch ein *kontinuierlicher Wert*, der als **normierter Gesamtnutzen** bezeichnet wird und in einer Skala zwischen 0 % und 100 % den Zielerfüllungsgrad der Kombination von Ausgangswerten beschreibt. Um die beiden Ausgangsgrößen zunächst einzeln zu bewerten, werden Nutzenfunktionen angewendet, die eine kontinuierliche Abbildung des interessierenden Wertebereichs auf einen normierten Teilnutzen beschreiben. Zur Berechnung des Gesamtnutzens wird der Zielerfüllungsgrad des Gesamtnutzens für die Eckwerte der Teilnutzen bestimmt. Dieser wird 0 % betragen, wenn beide Teilnutzen 0 % betragen und 100 % sein, wenn die Teilnutzen ebenfalls 100 % sind. Die eigentliche Bewertung der Teilnutzen untereinander geschieht über die Festlegung der Gesamtnutzen G_1 und G_2 , die angenommen werden, wenn je ein Teilnutzen 0 % und der andere 100 % ist. Diese Vorgehensweise läßt sich an einem Kubus veranschaulichen. Denkt man sich die beiden Teilnutzen auf der x- und y-Achse, den Gesamtnutzen auf der z-Achse abgetragen, dann läßt sich der Gesamtnutzen darstellen als Raumfläche, die durch die Punkte $(0,0,0)$, $(1,1,1)$ sowie $(1,0,G_1)$ und $(0,1,G_2)$ geht.

Ablauf des Verfahrens: Zunächst wird wieder eine Punktmenge ausgewählt, welche die beiden Ausgangsparameter enthält. Für jeden Parameter wird eine Minimum-Maximum-Auswertung erstellt, die es dem Benutzer ermöglicht, einen Überblick über seine Ausgangswerte zu be-

kommen. Er muß nun zunächst für jeden Parameter festlegen, welcher Wertebereich ihn interessiert. Dieser Wertebereich wird über eine Nutzenfunktion normiert auf einen Teilnutzen von 0 bis 100 %. Dem Benutzer stehen dazu sechs verschiedene Funktionstypen zur Verfügung:

- eine lineare,
- eine zusammengesetzt lineare,
- eine exponentielle,
- eine spärliche,
- zwei Gaußsche.

Diese Funktionen werden jeweils durch Angabe der Funktionswerte für Minimum und Maximum des Wertebereichs spezifiziert. Bei der zusammengesetzt linearen Funktion können noch weitere Stützpunkte angegeben werden. Alle Positionsangaben können am Graphikbildschirm interaktiv eingegeben werden. Sind die Nutzenfunktionen festgelegt, bekommt der Benutzer ein neues Koordinatenkreuz angezeigt, in dem er die Eckwerte des Gesamtnutzens festlegen kann. Wenn der Teilnutzen für beide Aspekte 0 ist, wird auch der Gesamtnutzen auf 0 gesetzt, ebenso wird der Gesamtnutzen auf 100 gesetzt, wenn der Teilnutzen jeweils 100 ist. Die Anwender hat nun festzulegen, welcher Gesamtnutzen sich ergeben soll, wenn der eine Aspekt 0 und der andere 100 ist. Der eigentliche Berechnungslauf liefert wiederum einen Ergebniswert für jeden Punkt der Meßpunktmenge, der hinterher in einer Flächenschraffur dargestellt werden kann.

3 **Schlussfolgerungen**

Ökologische Planung ist primär eine Planung mit *räumlichem Bezug*. Zentrale Fragen aus dem Spannungsfeld zwischen Naturhaushalt und anthropogener Nutzung müssen beantwortet werden. Beispiele:

- Welche Eignung besitzt eine Fläche für bestimmte Nutzungen?
- Welche Empfindlichkeiten bestehen auf einer Fläche gegenüber bestimmten Nutzungen?
- Welche Belastungen treten auf einer Fläche auf?
- Welche Konflikte ergeben sich aus dem Zusammentreffen von Eignung, Empfindlichkeit und Belastung?

Auf der *untersten Ebene* dieser Problemstellung steht eine Struktur physikalischer, chemischer und biologischer Meßgrößen, die nach dem vorhandenen Wissensstand als repräsentativ für komplexere ökologische Sachverhalte angesehen werden kann.

Die *höchste Ebene* der Informationsverarbeitung stellen **nutzungsbezogene Konflikte** dar, die sich aus der Belastungsintensität und der Empfindlichkeit des betrachteten Objekts ergeben.

Dazwischen liegen Bewertungs- und Aggregationsschritte, die mit Hilfe des Planungssystems vorgenommen werden können, wobei mit dem bereitgestellten Instrumentarium versucht wird, ein Höchstmaß an Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten.

Auf allen Ebenen der Bewertung verschafft dabei das Auswertesystem dem Planer eine Übersicht der *räumlichen und wertmäßigen Verteilung* ausgewählter Daten sowie die Möglichkeit der Interpolation verschiedener Daten auf gleichartige Raster, um eine Aggregation zu erzielen.

Die Werkzeuge des ökologischen Planungsinstrumentes Berlin wurden zunächst in den Bereichen **Boden** und **Grundwasser** eingesetzt, wobei Fragen bearbeitet wurden über

- Flächenverbrauch,
- Deposition und Akkumulation von Schadstoffen,
- Bodenversiegelung und Konsequenzen für den Wasserhaushalt,
- Altlasten mit ihren weitreichenden Umweltgefährdungen,
- Qualität und Quantität des Grundwassers,
- Grundwassersenkung und damit verbundene Biotopveränderungen.

Mit Hilfe der entwickelten Verfahren des ökologischen Planungsinstrumentes wurden im Verlauf des Projekts mehr als 100 Kartendarstellungen verschiedener Themen erzeugt und als Beitrag für die räumliche Planung zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus ist die Arbeitsgruppe nun in der Lage – zumindest für die Bereiche Boden und Grundwasser – flexibel auf unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich aufbereiteter Planungsunterlagen zu reagieren.

Kurznachrichten

Gasrückführungsverordnung zur Verminderung von VOC-Emissionen

Als Teil eines langfristig angelegten Maßnahmenpakets zur Verminderung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC), von denen etwa 50 % direkt oder indirekt verkehrsbedingt sind, müssen ab 01. Januar 1993 die beim Tanken freiwerde-

nen Beindämpfe durch neuartige Zapfventile („Saugrüssel“) rückgeführt werden. (Effektivität 85 %).

1. Diese **Gasrückführungsverordnung** betrifft alle neuen Tankstellen. Bestehende erhalten eine Übergangsfrist von 3 – 5 Jahren. Tankstellen mit einem Jahresabgabevolumen von weniger als 1 Mio. Liter Ottokraftstoff sind von der Verpflichtung befreit (Bagatellschwelle).

2. Zur weiteren Verringerung des in Benzindämpfen enthaltenen, krebserregenden Benzols hat die Bundesregierung der EG-Kom-

mission eine Senkung des Benzolgehalts in Kraftstoff von 5 % auf 1 % vorgeschlagen. 3. Ebenfalls am 01. Januar 1993 tritt die 1. Stufe der EG-Abgasrichtlinie in Kraft, in der u.a. die Einführung des kleinen Verdunstungsfilters zur Begrenzung der Benzinverdunstungen für alle Neufahrzeuge enthalten ist.

Die Redaktion

Quelle: BMU-Mitteilung vom 23. 10. 1992