

# Weergave van immateriële ruimtelijke modellen in de kleinschalige ruimtelijke ordening

W.-D. Rase

visualisatie, planningskartografie, achtergronden  
 visualisation, regional planning cartography, background  
 visualisation, cartographie d'aménagement du territoire logiciels, information de référence  
 Visualisation, Planungskartographie, Hintergründe

**TREFWOORDEN**  
**KEYWORDS**  
**MOTS-CLÉS**  
**DESKRIPTOREN**

Choroplethen vormen de meest toegepaste weergavemethode voor sociaal-economische verschijnselen. Er zijn echter steeds meer variabelen in de ruimtelijke ordening, zoals reistijd of fysieke uitrusting, die niet met choroplethen kunnen worden weergegeven, en waarvoor de grenzen van telgebieden irrelevant zijn. De weergave van dergelijke variabelen aan de hand van een ruimtelijk model vormt een goede aanvulling op de choroplethenmethode. Daarmee kan ook het fuzzy karakter van variabelen worden gevisualiseerd, de variatie in de grootte van telgebieden wordt ermee verdisconteerd.

In tegenstelling tot de modelmatige weergave van het aardoppervlak zijn modellen van aardwetenschappelijke of sociaal-economische variabelen niet in werkelijkheid zichtbaar; ze zijn immaterieel. Kenmerkend voor immateriële modellen is het grote verschil in de dichtheid van de oorspronkelijke gegevens, en in de resolutie van het model dat voor weergave gebruikt wordt.

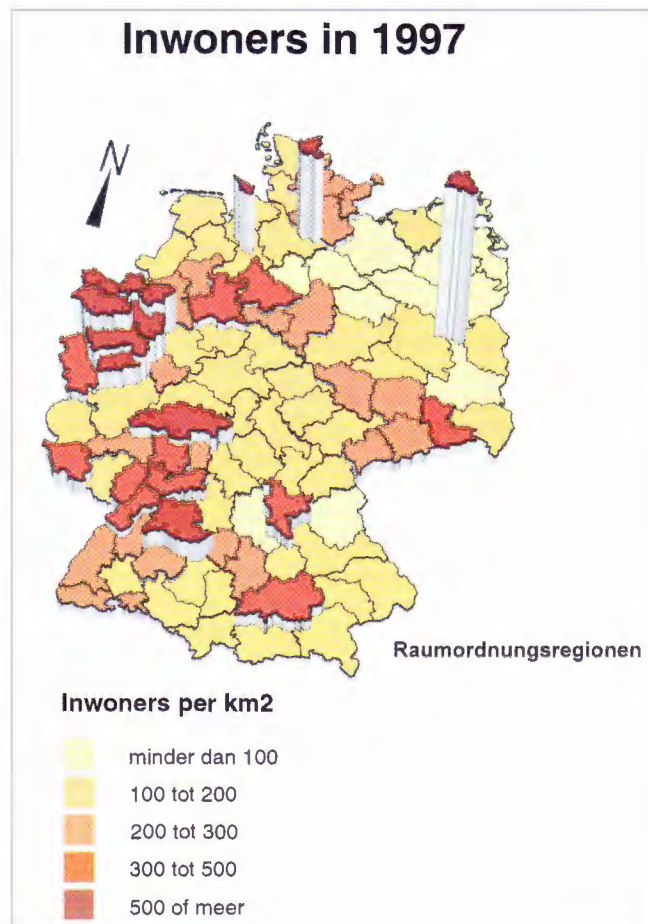
## Ruimtelijke modellen in kaarten bestemd voor de kleinschalige ruimtelijke ordening<sup>1)</sup>

Voor de visualisering van op oppervlakken betrokken gegevens maakt men in de kleinschalige ruimtelijke ordening het meest gebruik van choroplethen. Dat is in elk geval de praktijk op het niveau van de Bondsregering in Duitsland en op dat van de op internationale samenwerking gebaseerde ruimtelijke-ordeningsconcepten binnen en buiten de Europese Unie. De weergave van typen en van geordende reeksen door het opvullen van oppervlakken met een kleur of met een oppervlaktesignatuur wordt beschouwd als de passende wijze van weergave wanneer de weer te geven variabelen op oppervlakken betrekking hebben, en men geacht wordt beslissingen te nemen over de weergegeven gebieden.



*Wolf-Dieter Rase is werkzaam bij het Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Postfach 20 01 30, D 53131 Bonn, e-mail: rase@bbr.bund.de*

Er is hierbij sprake van een duidelijk verband tussen de gegevens en de gebieden, en de kwantitatieve variabele is meestal teruggebracht tot een goed af te lezen aantal klassen. In de ruimtelijke ordening worden de kaarten vervaardigd voor een groep gebruikers die minder ervaring heeft met kaartlezen. Daarom is de generalisatie van de variabelen tot een aantal typen dan wel een geordende reeks zinvol voor het snel kennis nemen van de in gissen gemodelleerde processen die op het aardoppervlak plaatsvinden.



Figuur 1. In perspectief getekende driedimensionale choropleeth.



Aan de andere kant hebben choroplethen een aantal nadeln met betrekking tot de visualisering van zowel analysesresultaten als concepten in de kleinschalige ruimtelijke ordening. Demografische, sociale, economische en fysisch-geografische processen reiken niet slechts tot aan de grenzen van administratieve eenheden. De sterke verschillen in waarde aan weerszijden van de grens tussen aanpalende telgebieden, die op choroplethen voorkomen, worden vooral door deze wijze van gegevensverwerking veroorzaakt en geven de feitelijke toestand niet weer.

Bij de gegevens die in een choropleeth met oppervlaktesignaturen worden weergegeven gaat het in de regel om relatieve grootheden. Absolute waarden, zoals het aantal inwoners per telgebied, worden gedeeld door een andere grootte waar ze betrekking op hebben, zoals bijvoorbeeld het oppervlak van het telgebied. Het resultaat is in het laatste geval de relatieve grootheid bevolkingsdichtheid. Door een dergelijke normering met andere waarden waarop ze betrekking hebben worden de verschillen in waarde tussen de telgebieden vereffend en wordt de interregionale vergelijking vergemakkelijkt. Doel hiervan is de ontdekking en visualisering van ongelijkheden in de ruimtelijke verdeling van de hulpbronnen. De weergave van continu verlopende ruimtelijke modellen, die gemodelleerd worden uit fysisch-geografische, demografische of socio-economische basisgegevens, komt men naast choroplethen steeds vaker tegen in publicaties met kleinschalige kaarten voor de ruimtelijke ordening (zie bijvoorbeeld [BFLR, 1995]).

In perspectief getekende choroplethen geven, in vergelijking met de tweedimensionale versie, een betere indruk van de betreffende absolute waarden of volumes (figuur 1). Ze hebben echter het nadeel dat, afhankelijk van het standpunt van de gebruiker, steeds enkele telgebieden aan het oog worden onttrokken. De constructie van een driedimensionale choropleeth vereist meer inspanning, en is zonder inzet van een computer nauwelijks te realiseren.

De weergave van de hierboven genoemde variabelen als een continu verlopend ruimtelijk model kan om verschillende redenen een geschikte aanvulling vormen op choroplethen en kaarten met proportionele symbolen:

- Continu verlopend ruimtelijk model: het weergegeven verschijnsel, respectievelijk zijn model, is van nature zelf continu veranderlijk. De meeste geofysische variabelen, zoals luchtdruk, temperatuur of de sterkte van het aardmagnetisch veld, vallen in deze categorie.
- Quasi-continu model: het model waarmee een verschijnsel getalmatig wordt beschreven verloopt continu, of is tenminste zo fijnmazig dat het als continu verlopend kan worden opgevat. Een voorbeeld daarvoor zijn afstanden in de tijd en bereikbaarheidswaarden.
- De overgang van discreta naar continua. Bij een oplossend vermogen dat bij kleinschalige analyse past groeien discreet verspreide waarnemingen in een dusdanige mate aan dat ze als een continu verlopend fenomeen beschouwd kunnen worden [Freitag, 1971].
- Combinatie van fysisch-geografische en socio-economische variabelen: een ruimtelijk verschijnsel dan wel proces wordt door een indicator beschreven, die door combinatie van fysisch-geografische en socio-economische variabelen ontstaat. Grenzen van fysisch-geografische verspreidingsgebieden vallen echter zelden samen met die van administratieve gebieden. Een weergave als percentage of als ge-

middelde binnen administratieve eenheden kan daarom geen juiste voorstelling geven van het verloop van de waarde van een parameter in een gebied. De sterke waardenoprongen die bij de grenzen van gebiedseenheden optreden kloppen niet met de werkelijke verdeling van de waarden over een gebied. Over het algemeen kan men stellen dat de weergave als ruimtelijk model een beter idee geeft van de verschillen in waarde van een parameter dan een choropleeth.

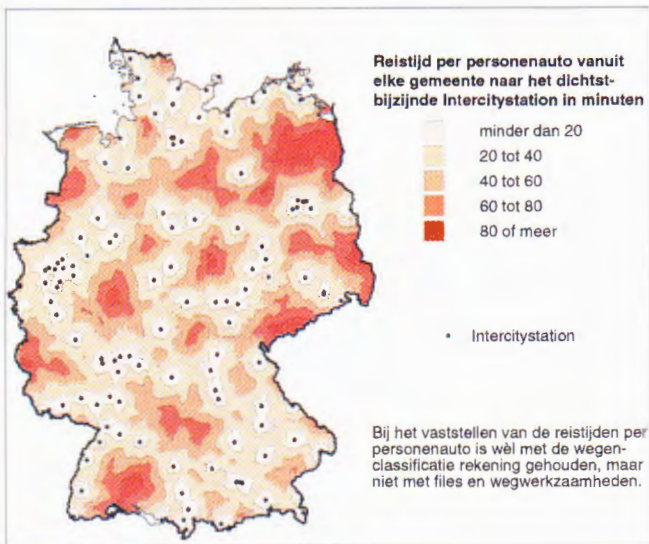
- Weergave van absolute waarden voor oppervlakken: in de kaart moet duidelijk zijn op welk oppervlak een absolute waarde betrekking heeft, maar ook de absolute verschillen in waarde van de indicator moeten goed zijn af te lezen. Een perspectivische weergave van een choropleeth door middel van prisma's waarvan de hoogte proportioneel is met de weer te geven waarden (zie figuur 1) kan een oplossing daarvoor zijn; een andere mogelijkheid is een continu verlopend ruimtelijk model dat de volumes die bij elk telgebied horen juist weergeeft.
- Trend-surfaces: uit de oorspronkelijke gegevens wordt een continue functie berekend voor de dimensies van het ruimtelijk model. Door het modelleren als functie worden onnauwkeurigheden die optreden bij het meten van de waarden opgeheven en wordt een algemene trend in de verdeling van het verschijnsel over het aardoppervlak zichtbaar [Rase, 1998].
- Ruimtelijke voorspelling: Uit een steekproef wordt een ruimtelijk model berekend, als tussenfase voor het vaststellen van benaderingswaarden. Een voorbeeld hiervan zijn de grondprijzen, die geschat worden op basis van de prijzen van de in het verleden verkochte naburige percelen [Brückler & Dumfahrt, 1996].
- Onscherpe objecten: vlakvormige objecten met overgangszones aan de randen kunnen als driedimensionale waarschijnlijkheidsmodellen worden gemodelleerd, bijvoorbeeld met het oog op manipulaties met op de ruimte betrokken objecten ('map algebra').

Thematische kaarten die met ruimtelijke modellen werken zijn slechts door middel van digitale processen efficiënt te vervaardigen, zoals met de tools in een GIS. De in GIS-softwarepakketten geboden processen voor het modelleren van continua zijn voor het merendeel gericht op punt- en lijnvormige karakteristieken van het aardoppervlak, dan wel op geofysische informatie. Ze zijn slechts beperkt geschikt voor op oppervlakken betrokken informatie gebaseerd op officiële statistieken dan wel op evaluatie gebaseerde indicatoren. Naast interpolatietechnieken die punten en lijnen als uitgangsggegevens gebruiken, moeten ook procedures worden ingezet die speciaal ontwikkeld werden voor het modelleren van op oppervlakken betrokken informatie, dan wel op de interpolatie tussen volumes.

### Modellering van immateriële ruimtelijke modellen

Een model is een afbeelding van een object uit de werkelijkheid volgens de voor een bepaalde toepassing benodigde of gewenste abstractiegraad en nauwkeurigheid. In een GIS wordt het model numeriek weergegeven in een gegevensstructuur en hetzij permanent opgeslagen als bestand op een gegevensdrager hetzij tijdelijk als tussenresultaat in het werkgeheugen van de computer opgeslagen. Die gegevensstructuur wordt in de regel met de tools van het GIS (met





andere woorden met computerprogramma's) gecreëerd en verder verwerkt. Men moet hierbij letten op een strikte scheiding tussen de in een GIS afgebeelde modellen van op de ruimte betrokken objecten en op hun weergave als kaarten [Van der Schans, 1999].

### Modellen en gegevensstructuren

Ter vereenvoudiging van het modelleren en van de constructie van de ruimtelijke modellen wordt aangenomen dat er voor elk oppervlaktepunt slechts één waarde in de derde dimensie bestaat. Dergelijke ruimtelijke modellen worden meestal 2 1/2D modellen genoemd, ook al kan het aantal dimensies eigenlijk alleen uit hele getallen bestaan. De eenvoudigste, en daarom ook de meest toegepaste gegevensstructuur voor 2 1/2D ruimtelijke modellen is die van een regelmatig grid. Het vlak wordt door gridlijnen evenwijdig aan de assen van het coördinatensysteem onderverdeeld, zodat even grote rechthoeken ontstaan. De snijpunten van de gridlijnen krijgen de hoogtewwaarden van het ruimtelijk model. De gridstructuur is zeer eenvoudig te realiseren met de computer, omdat in de meeste programmeertalen taalelementen voor het behandelen van tweedimensionale velden beschikbaar zijn. Voor regelmatige grids die uit driehoeken bestaan is slechts een geringe bijkomende programmeerinspanning noodzakelijk.

Regelmatige grids hebben het nadeel dat lijnvormige geometrische elementen zoals waterlopen of gebiedsgrenzen op de gridstructuur moeten worden afgebeeld. Het informatieverlies bij relatief grofmazige grids is vaak niet aanvaardbaar. De verfijning van het grid en het daardoor duidelijker weergeven

*Figuur 2. Isolijnenweergave van de bereikbaarheid van intercitystations.*

van de lijnelementen is echter niet altijd mogelijk vanwege het feit dat het grote aantal gridpunten te hoge eisen stelt aan de opslagcapaciteit en de data-verwerkingscapaciteit. Een onregelmatig driehoeksnet (TIN, triangular irregular network, [Peucker et al, 1976]) is een geschikt model om de dichtheid van het net aan te passen aan de reliëfenergie en tegelijkertijd de lijnvormige elementen in de noodzakelijke en gewenste resolutie in het ruimtelijk model te blijven weergeven.

### Interpolatieprocedures

Het behoorlijke verschil tussen de resolutie van de oorspronkelijke gegevens en die welke ontstaat bij weergave van het ruimtelijk model, is karakteristiek voor immateriële ruimtelijke modellen. Met een interpolatieprocedure wordt uit een relatief grove discrete spreiding van geometrische elementen een ruimtelijk model met een hogere resolutie verkregen. Er worden aannames gedaan over het verloop van de curve op basis van de oorspronkelijke gegevens, die gebaseerd zijn op het totale databestand, op de in de directe omgeving voorkomende waarden of op kennis over de genese van het ruimtelijk model.

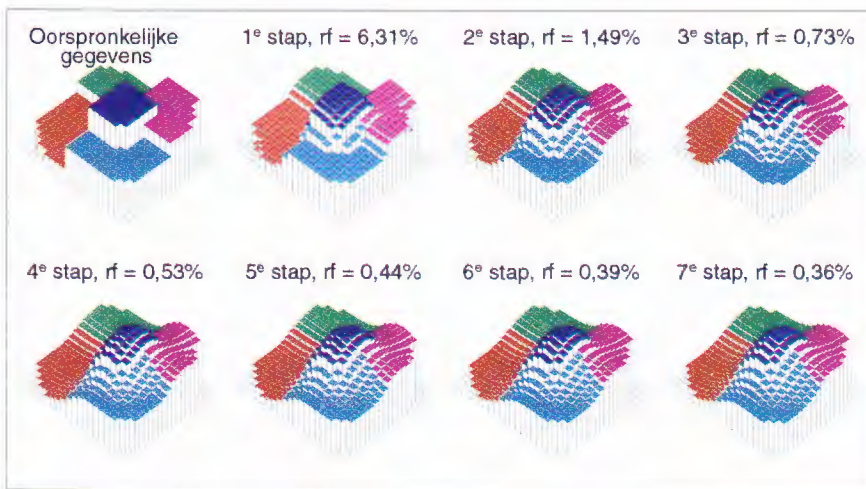
Bij geofysische variabelen of bij equidistanties heeft men normaal gesproken slechts te maken met informatie die op punten betrokken is, zodat men moet uitgaan van een continu verlopnd oppervlak. Als het gaat om de weergave van het fysieke aardoppervlak worden de hoogrepunten aangevuld door lineaire karakteristieken, zoals het verloop van bergruggen en waterlopen. Deze lijnvormige karakteristieken definiëren abrupte veranderingen in het verloop van gradiënten. Deze onregelmatigheden moeten zowel behouden blijven in het geïnterpoleerde ruimtelijke model als in zijn grafische weergave. In immateriële ruimtelijke modellen komen onregelmatigheden weliswaar zelden voor, maar ze zijn er wel. Voorbeelden van onregelmatigheden in culturele verschijnselen zijn het verloop van de Romeinse Limes als een tegenwoordig nog terug te vinden culturele grens en taalgrens, of de voormalige grens tussen de BRD en DDR, die ook na de hereniging nog lang kenbaar zal blijven, zowel als fysiek element in het landschap als mentaal element.

### Interpolatie op basis van tussenstadia

Bereikbaarheid is een belangrijke indicatie voor het niveau van de regionale infrastructuur voor individueel verkeer met personenauto's of vrachtauto's, voor treinverkeer en voor luchtverkeer. Het individuele verkeer is politiek gezien het belangrijkste, zowel vanwege het grote aantal deelnemers en de daaruit resulterende invloed op politieke beslissingen, als op basis van de bereikbaarheid in combinatie met andere verkeerssoorten. Bereikbaarheid wordt gemeten in de tijd die een personen- of vrachtauto gemiddeld nodig heeft om de dichtstbijzijnde plaats waar bepaalde diensten worden aangeboden te bereiken, zoals het dichtstbijzijnde centrum, een intercitystation, een luchthaven of een goederenstation voor vervoer over lange afstand. De afstanden in de tijd worden bepaald door te zoeken naar de kortste verbinding in de tijd tussen twee punten in het verkeersnet, en het optellen van de voor elk onderdeel van de route geldende reistijd. De afstanden in de tijd zijn gemiddelde waarden, daarom houdt men geen rekening met tijdelijke verkeersbarrières door wegenonderhoud, files of extra druk verkeer.

Het wegennet in de Bondsrepubliek Duitsland is volgens de visie van de Bondsregering zó fijnmazig, dat het opgevat



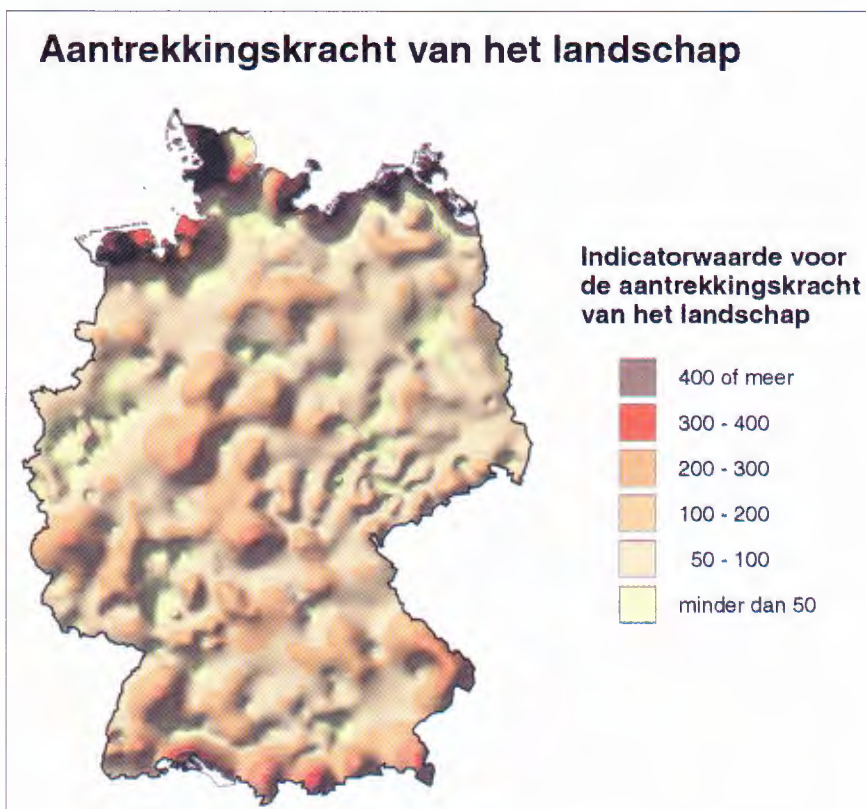


kan worden als een bijna continu bereikbaarheidsoppervlak. Voor de ruimtelijke ordening op nationaal niveau kan men met betrekking tot de vereenvoudiging van de uitgangspunten volstaan met één verkeersknooppunt per gemeente. Elk knooppunt krijgt als attribuut de reistijd naar het dichtstbij gelegen element van de infrastructuur. Op basis van deze knooppunten wordt het ruimtelijk model van de bereikbaarheid geïnterpoleerd en in kaart gebracht.

De verschillende interpolatieprocessen voor op puntlocaties betrekking hebbende eenheden kennen specifieke voor- en nadelen. Die zijn mede afhankelijk van de dichtheid en de verspreiding van de steunpunten, het aantal en de amplitude van de waardeveranderingen per oppervlakte-eenheid ('relieffenergie'), de verhouding tussen de resolutie van de oorspronkelijke gegevens en van het ruimtelijk model, en nog van andere parameters [Rase, 1998]. Voor de berekening van het ruimtelijk model van de bereikbaarheid wor-

*Figuur 3. Iteraties met testgegevens (rf = restfout).*

*Figuur 4. Ruimtelijk model van de aantrekkingskracht van het landschap.*



den de procedures van de gewogen gemiddelden [Shepard, 1968] en de spline-curves in driehoekige grids [Renka, 1996; Späth, 1991] toegepast. De door de keuze van de procedures veroorzaakte verschillen tussen de gegenereerde oppervlakken zijn voor de hier gebruikte gegevens slechts voor specialisten zichtbaar.

Figuur 2 is een isolijnenweergave van het ruimtelijk model van de tijdsafstanden van elke gemeente tot het dichtstbij gelegen intercitystation van het kernnet van de Duitse spoorwegen.

### *Interpolatie op basis van op oppervlakken betrekking hebbende gegevens*

De interpolatieprocedures die ontwikkeld zijn voor punten of lijnen worden ook toegepast voor gegevens die op oppervlakken betrekking hebben. Daarbij wordt de waarde voor elke polygoon betrokken op een geometrische plaatsvervanger, zoals bijvoorbeeld een zwaartepunt, dat samen met de attribuutwaarde dient als steunpunt voor de constructie van het ruimtelijk model. Door het inkrimpen van de polygoon tot een punt treden er enkele problemen op bij de interpolatie van op oppervlakken betrekking hebbende gegevens [Rase, 1998]. Met name het volume boven de telgebieden gaat daarbij verloren. Personen die in het ene telgebied geteld worden mogen bij interpolatie van het continu verlopend ruimtelijk model bijvoorbeeld niet toegerekend worden aan een ander telgebied. Dit probleem is vergelijkbaar met dat van erosie van het aardoppervlak: op kwetsbare plaatsen wordt materiaal weggeërodeerd, en met het hiermee gegenereerde 'puin' worden de dalen opgevuld. Bij op punten gebaseerde interpolatieprocedures kan men deze erosie niet verhinderen, laat staan onderzoeken. Zoals bij op punten en lijnen gebaseerde gegevens de hoogtewaarden in het verloop van het ruimtelijk model behouden moeten blijven, zo moeten ook bij op polygoonen betrokken gegevens de bij elk telgebied behorende volumes volstrekt behouden blijven.

Tobler [1979] heeft een procedure voor de constructie van continua uit op polygoonen betrokken gegevens voorgesteld, die hij pyknophylaktische interpolatie noemde (het griekse woord pyknos betekent lichaam of dichtheid, en phylax betekent wachter; de combinatie betekent dus 'de dichtheid bewa-

kend', ofwel 'volumegetrouw'). Het algoritme voor de pyknophylactische interpolatie bestaat uit twee globale stadia:

1. de telgebieden, of liever de prisma's boven de telgebieden worden opgesplitst in kleinere eenheden. De som van de volumes van alle kleinere eenheden van een telgebied is gelijk aan het volume van het oorspronkelijke prisma.
2. de hoogte, en daarmee het volume van elke deelprisma wordt zó veranderd dat een continue overgang ontstaat aan de grenzen van de telgebieden. De daardoor ontstane afwijkingen in het feitelijke volume van elke eenheid worden zo over de deelenheden verdeeld dat het oorspronkelijke volume voor het telgebied weer wordt verkregen. Deze stap wordt net zo vaak herhaald totdat een bepaalde voorwaarde voor het afbreken van de iteraties wordt vervuld.

Figuur 3 toont het verloop van een iteratie met testgegevens. De restfout (de afwijking van een ideale continuïteit) neemt zeer snel af. Tussen de 5e en 7e iteratie kan men visueel nauwelijks nog verschillen waarnemen.

Door het simuleren van de polygoongrenzen met die van een regelmatig grid ontstaan kwantificeringsfouten die elkaar vereffenen, maar die in afzonderlijke gevallen tot lokale problemen kunnen leiden. Wel is het zo dat de fouten minder worden naarmate de mazen van het grid groter worden. Wanneer de mazen te klein zijn heeft de procedure de neiging te resulteren in vlakke hoogvlakten, hetgeen niet altijd gewenst is. In een onregelmatig driehoeksnet (TIN) kunnen lijnvormige elementen tot de gewenste mate van nauwkeurigheid behouden blijven. Daarom wordt de procedure van de pyknophylactische interpolatie ook toegepast bij het modelleren van oppervlakken in een onregelmatig driehoeksnet, waarbij men tevens met barrières rekening houdt [Rase, 1999]. De verschillende stappen bij deze procedure zijn in feite dezelfde als bij een regelmatig grid. Wel zijn de berekeningsprocessen wat complexer, omdat het toepassen van een aantal vereenvoudigingen in de algebra en de algoritmes, zoals dat bij regelmatige grids gebeurt, hier niet mogelijk is.

Figuur 4 toont een ruimtelijk model dat geïnterpoleerd is uit waarden voor een indicator voor de evaluatie van de

landschappelijke aantrekkingskracht voor elke Kreis (bundeling van gemeenten) [Irmen, 1994]. De indicator, die uit een aantal verschillende variabelen is samengesteld, moet het regionale potentiaal voor recreatie en toerisme weergeven.

Figuur 5 toont een ruimtelijk model van de bevolkingsdichtheid, dat geïnterpoleerd is uit de inwonertallen van de verschillende ruimtelijke ordeningsgebieden van Duitsland. Dit ruimtelijk model is het driedimensionale continue equivalent van de choropleeth in figuur 1. Om misverstanden te voorkomen: het ruimtelijk model geeft niet de feitelijke verdeling van de bevolking weer, maar is een conceptueel model dat beantwoordt aan de behoeften voor analyse en besluitvorming in de kleinschalige ruimtelijke ordening. Als het zou gaan om een werkelijkheidsgetrouwe weergave van de bevolkingsdichtheid dan had men veel kleinere eenheden gekozen, bijvoorbeeld gemeenten.

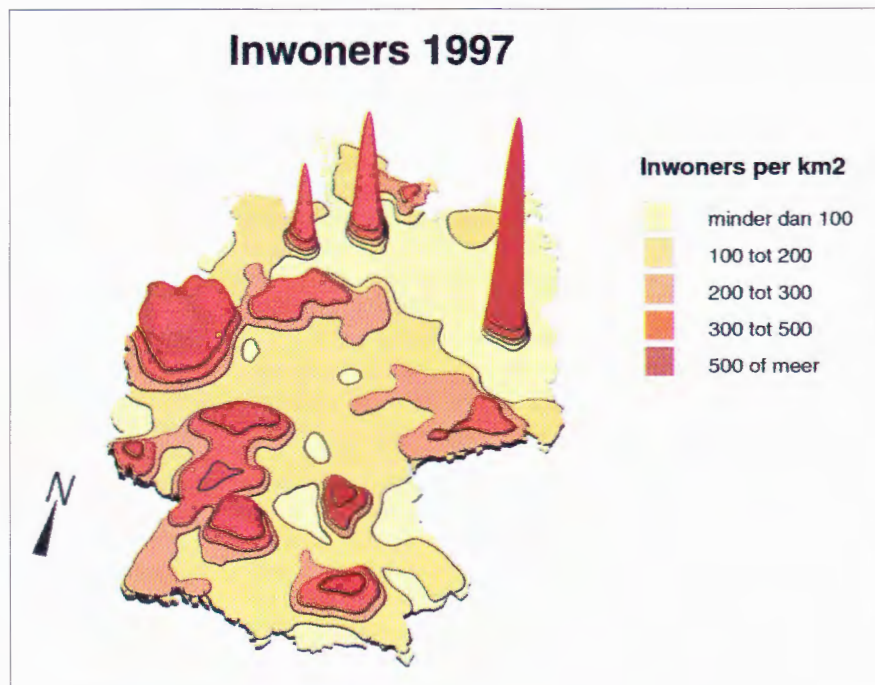
### Weergave van de ruimtelijke modellen

In de figuren zijn een aantal van de belangrijkste methoden van weergave van immateriële ruimtelijke modellen toegepast. Een uitvoerige beschrijving van de technische bijzonderheden en de specifieke voor- en nadelen van de verschillende methoden vindt men bij Rase [1998].

In de figuren 2 en 5 zijn de ruimtelijke modellen weergegeven aan de hand van lijnen van gelijke afstand van het referentievlak. In figuur 2 zijn dat isochronen, dus lijnen van gelijke afstand in de tijd van een gemeente tot het dichtstbijzijnde intercitystation. In thematische kaarten worden de vlakken tussen de isolijnen vaak met een tint opgevuld, ten einde duidelijker aan te geven tot welke klasse een gebied hoort; dat is geëffectueerd in de figuren 2, 4 en 5. Bij toepassing van die techniek is het niet nodig om de waarden van de isolijnen in die lijnen zelf aan te geven.

Met tintverschillen aangevulde isolijnenkaarten hebben het

*Figuur 5. Continu verlopend ruimtelijk model van de bevolkingsdichtheid van Duitsland (op basis van ruimtelijke ordeningsgebieden).*





nadeel dat er geen verdere differentiëring van de waarden en de vormen van het ruimtelijk model tussen de verschillende isolijn-niveaus kan worden aangegeven. Een gesimuleerde belichting aan de hand van een hoofd-lichtbron vanuit het noordwesten en eventueel bijkomende lichtbronnen voor het lichter maken van de schaduwellingen maakt een mate van detaillering zichtbaar, die door isolijnen alleen kan worden gerealiseerd wanneer zij zeer dicht bij elkaar voorkomen (zie figuur 4). Omdat de gesimuleerde belichting (ofwel schaduwering) meer met de alledaagse praktijk overeenkomt dan de weergave aan de hand van isolijnen, zijn ook minder geoefende kaartgebruikers in de politiek en het bestuur in staat om de details van het ruimtelijk model zonder veel moeite en tijdsinvestering af te lezen. De gesimuleerde belichting kan ook worden gecombineerd met isolijnen die de absolute hoogte aangeven (zie figuur 4).

Door de gesimuleerde belichting ontstaat een geringe tintverandering in de signaturen tussen de isolijnen. Daarom mag het aantal klassen niet te groot zijn, opdat men de verschillende kleuren, en op basis daarvan de verschillende hoogteniveaus ondanks de tintvariatie toch nog goed kan onderscheiden. Het redundante gebruik van visuele variabelen en weergavetechnieken (dus de combinatie van lijnen, vlakken en de tintvariaties) voor de weergave van een verschijnsel vergemakkelijkt het aflezen van de waarden en verbetert de informatie-overdracht met de kaart. Bij niet-redundante toepassing van de visuele variabelen kan men meer dan één thematische variabele overdragen naast de dimensies van de telgebieden. Hier moet men echter voorzichtig mee zijn; niet alles wat technisch mogelijk is bevordert ook een optimale overdracht van de informatie.

De perspectivische weergave zoals toegepast in figuur 5 komt het meest met de dagelijkse waarnemingspraktijk overeen en vergemakkelijkt daardoor de informatie-overdracht. De vorm van het ruimtelijk model zowel als de verspreiding van de hoogtewaarden zijn hier zeer snel af te lezen, met name door een ongeefende planoloog-kaartlezer. Deze weergave is echter door de perspectivische verkorting niet te kwantificeren, en bovendien kunnen delen van het oppervlak afgedekt zijn. De topografische oriëntatie is relatief moeilijk, ook al zijn er aanvullende beeldelementen zoals plaatsnamen en grenzen aan toegevoegd.

Het benaderen van de alledaagse waarneming wordt nog verder verbeterd door 'echte' 3D-weergave van de ruimtelijke modellen, zoals bijvoorbeeld met stereogrammen kan worden gerealiseerd [Buchroithner, 1999]. Deze technieken hebben echter het nadeel dat zowel bij de vervaardiging als bij het waarnemen ervan een meer of minder grote extra technische inspanning nodig is, bijvoorbeeld het gebruik van speciale brillen of grafische apparaten.

## Conclusie

Voor toepassingen in de kleinschalige ruimtelijke ordening, zoals bij de analyse van de geografische situatie of bij de synthese van ruimtelijke ordeningsconcepten, kan men veel variabelen en indicatoren als continua modelleren en weergeven. Voor de interpolatie van de continua en voor hun weergave moet men bijpassende modellen, methoden en technieken kiezen; bij op oppervlakken betrekking hebbende gegevens hoort bijvoorbeeld een interpolatieprocedure

die de bijbehorende volumes juist weer blijft geven. Bij de kartografische weergave van de ruimtelijke modellen moet men er rekening mee houden dat de doorsnee-gebruikers in de kleinschalige ruimtelijke ordening minder ervaring hebben in het kaartlezen. Daarom dient men de voorkeur te geven aan weergavemethoden die de alledaagse waarneming benaderen. De weergave van meer dan drie dimensies is door de combinatie van visuele variabelen weliswaar mogelijk, maar men dient daar zeer terughoudend mee om te gaan.

## Noten

Dit artikel is als lezing gepresenteerd op het Nederlands-Duitse kartografiecongres in Maastricht, mei 1999.

1. De lezing is vertaald door Ferjan Ormeling. In dit artikel is Oberfläche vertaald als ruimtelijk model, hoewel sommige kartografen het beter zullen kennen als statistical surface. In principe kan met de term ruimtelijk model zowel het digitale terreinmodel (ook van niet-tastbare verschijnselen) worden bedoeld als het digitale kartografische model of de tastbare dan wel zichtbare grafische weergave ervan. In dit artikel wordt het bijna steeds in de laatste betekenis gebruikt.

## Literatuur

- **bflr** (1995), *Trendszenarien der Raumentwicklung in Deutschland und Europa. Beiträge zu einem Europäischen Raumentwicklungskonzept*. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn.
- **Brückler, M. & Dumfahrt, E.** (1996), Erstellung von Bodenpreiskarten durch GIS-gestützte räumliche Interpolation. In: Dollinger, F. & J. Strobl (Hrsg.), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VIII*, Salzburger Geographische Materialien, H. 24, pp. 39-50.
- **Buchroithner, M.** (1999), Möglichkeiten 'echter' 3D-Visualisierungen von Geo-Daten. In: Strobl, J. & Th. Blaschke (Hrsg.), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI*, Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999. Wichmann, Heidelberg, pp. 86-93.
- **Freitag, U.** (1971), Semiotik und kartographie. Über die Anwendung kybernetischer Disziplinen in der theoretischen Kartographie. *Kartographische Nachrichten*, 21. Jahrgang, Heft 3, pp. 171-182.
- **Irmen, Eleonore** (1995), *Strukturschwäche in ländlichen Räumen - ein Abgrenzungsvorschlag*. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn, Arbeitspapiere 15/1/1995.
- **Peucker, T.K., R.J. Fowler, J.J. Little & D. Mark** (1978), *Digital representation of three-dimensional surfaces by triangulated irregular networks (TIN)*. Proceedings Digital terrain Modeling Symposium, May 1978, ASP, pp. 516-540.
- **Rase, W.-D.** (1998), *Modellierung und Darstellung immaterieller Oberflächen*. Forschungen des BBR, Band 89, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.
- **Rase, W.-D.** (1999), *Volumepreserving interpolation in triangular irregular network (TIN)*. Arbeitspapier. <http://www.t-online.de/home/Wolf.Rase/pycno.pdf>.
- **Renka, R.L.** (1996), Algorithm 752:SRFPACK: Software for scattered data fitting with a constrained surface under tension. *ACM Transactions on Mathematical Software*, Vol. 22, No. 1, March 1996, pp 9-17.



- Schans, R. van der (1999), *Grenzüberschreitende Interaktionen mit Modellen und Karten - grensoverschrijdende interactie met modellen en kaarten*. Niederländisch-Deutscher Kartographie-Kongress, 17.-20. Mai 1999, Maas-tricht.
- Shepard, D. (1968), *A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data*. Proceedings ACM National Conference 1968, pp. 517-524.
- Späth, H. (1991), *Zweidimensionale Spline-Interpolations-Algorithmen*. Oldenbourg München.
- Tobler, W.R. (1979), *Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions*. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 74, No. 357, pp. 519-535.

## Summary

W.-D. Rase - Representation of immaterial spatial models in small scale physical planning

Keywords: visualisation, regional planning cartography, background

The choropleth is the method most used to represent social-economic phenomena. However, there are ever more variables used in physical planning, such as travel time or physical infrastructure, which cannot be represented by the choropleth method and for which the boundaries of data collection area units are irrelevant. The representation of such variables by means of a spatial model forms a good complement to the choropleth method. At the same time any fuzziness in the data can be visualised, and variations in the size of unit areas are discounted. In contrast to the modelling of the Earth's surface, the models of social-economic and other geoscientific variables represent unseen, immaterial phenomena. A characteristic of these models is a large variation in the density of the original data and in the resolution of the model used to represent them. The article describes the models, data structures and interpolation procedures necessary for the transformation of the basic data to a continuous spatial model. It is illustrated with examples from small scale physical planning in Germany.

## Résumé

W.-D. Rase - Représentation des modèles immatériels d'aménagement du territoire à petite échelle

Mots-clés: visualisation, cartographie d'aménagement du territoire logiciels, information de référence

Les cartes choroplètes constituent la méthode de représentation la plus appropriée des phénomènes sociaux-économiques; cependant, certains variables d'aménagement du territoire - tels que temps de voyage ou équipement physique - ne sont pas liées à des délimitations spatiales et ne peuvent donc pas être représentées par des choroplètes dont le modèle spatial constitue un complément utile. En même temps, le caractère diffuse ('fuzzy') de ces variables peut être représenté au-delà des variantes dans les unités spatiales.

Contrairement aux modèles de la superficie terrestre, ceux des variables géographiques ou socio-économiques ne sont pas 'visibles': elles sont immatérielles et se caractérisent par des grandes différences de densité entre les données originelles et la résolution des modèles de représentation utile.

L'auteur analyse les modèles, les structures de données et les procédés d'interpolation nécessaire pour la transformation des données de base dans un modèle spatial continu. Des exemples, de l'aménagement du territoire à petite échelle en Allemagne illustrent l'analogie.

## Zusammenfassung

W.-D. Rase - Darstellung von immateriellen Oberflächen in der großräumigen Planung

Deskriptoren: Visualisation, Planungskartographie, Hintergründe

Die Choroplethenkarte ist die am häufigsten angewandte kartographische Darstellungsform für die Visualisierung von räumlich verteilten Informationen aus demographischen, sozialen und ökonomischen Erhebungen. Ein Grund ist die gute Vergleichbarkeit in räumlichen Verteilung bei unterschiedlichen Bezugsgrößen wie Fläche oder Bevölkerung und die einfache Herstellung. In zunehmendem Umfang werden zusätzliche Informationen in räumliche Analysen und Konzepte für die großräumige Planung einbezogen, etwa Variablen zur natürlichen Ausstattung oder zur Erreichbarkeit von Standorten. Diese Informationen sind nicht an die administrativen Einheiten gebunden, oft sogar kontinuierlich über die Erdoberfläche verteilt. Die Darstellung solcher Informationen als kontinuierliche Oberfläche ist ein geeignetes Komplement zur Choroplethenkarte.

In der großräumigen Planung, etwa der Raumordnung in der Bundesrepublik Deutschland oder der Koordinierung der räumlichen Entwicklung in Europa, sind mit Oberflächen einige Probleme in der Visualisierung von raumbezogenen Daten lösbar. Das sind zum Beispiel die großen Variationen in der Größe der Bezugseinheiten oder die Notwendigkeit zu Unschärfe in der Darstellung, etwa als Ausdruck der unterschiedlichen nationalen Konzepte zur Beeinflussung der räumlichen Struktur oder der geringen Bindungswirkung von übernationalen Planungskonzepten.

Oberflächen aus geophysikalischen Größen oder sozioökonomischen Variablen sind im Gegensatz zur Erdoberfläche nicht in der Realität sichtbar, sie sind ein immaterielles gedankliches Modell. Charakteristisch für immaterielle Oberflächen ist der große Unterschied in der Verteilung der Ausgangsdaten und der für die Darstellung notwendigen Auflösung der Oberfläche.

Für die notwendige Transformation der Ausgangsdaten in eine stetige Oberfläche sind adäquate Modelle, Datenstrukturen und Interpolationsverfahren für punkt- und flächenförmige Bezugseinheiten zu wählen. Einige Darstellungsverfahren für Oberflächen werden an Beispielen aus der großräumigen Planung vorgestellt.