



Die Relevanz von Geoobjekten in Fokuskarten

Zur Bestimmung von Bewertungsformeln unter Berücksichtigung personen- und kontextabhängiger Parameter

Alexander ZIPF

Zusammenfassung

Um an individuelle Situationen und Benutzerbedürfnisse angepasste Karten erzeugen zu können, werden Metriken und Berechnungsformeln benötigt, die die Bedeutung der darzustellenden Geoobjekte bestimmen. Anhand der Ergebniswerte dieser Bewertung können wichtige Geoobjekte prominenter dargestellt werden, während die weniger relevante Information z.B. generalisiert und auch farblich zurückgenommen dargestellt werden kann. Derartige zweckgerichtete Karten, die das Augenmerk des Nutzers direkt auf den inhaltlichen und räumlichen Fokus lenken, werden als Fokuskarten eingeführt (ZIPF und RICHTER 2002). Ähnliche Konzepte sind Aspektkarten oder mono- und polyfokale Karten. ZIPF (2002) legt allerdings besonderen Wert auf die Einbeziehung situativer Parameter – die sich als personenbezogene Faktoren, oder allgemeiner Kontextparameter (vgl. DEY *et al.* 1999), äußern können. Gerade während der zunehmend bedeutenderen mobilen Nutzung digitaler Karten unterwegs gewinnt die Einbeziehung von Überlegungen zur individualisierten und situationsangepassten Kartendarstellung an Bedeutung. Während ähnliche Forderungen in jüngster Zeit an verschiedenen Stellen geäußert werden, gibt es hierzu kaum über konzeptionelle Überlegungen hinausgehende Arbeiten. In diesem Beitrag wird auf Methoden der Informationsvisualisierung aufbauend erstmals versucht, diese verschiedenen Einflussgrößen für die Kartengestaltung in einen mathematischen Zusammenhang zu bringen, der darauf hinzielt, für einzelne Geoobjekte tatsächlich dynamisch entsprechende Bedeutungswerte zu berechnen. Die Probleme, die mit dieser Formalisierung einhergehen, werden beleuchtet, in einen Forschungsansatz eingebettet, offene Fragen diskutiert und mögliche Lösungswege skizziert. Im Ergebnis wird eine Formel präsentiert, die die Gestalt entsprechender Bewertungsformeln beschreibt. Hierbei werden neben einer personen- und kontextabhängigen Bewertung von Geoobjekten zudem mit einbezogen, in wie weit sie als (personen- und kontextabhängige) Landmarke dienen können. Diese Ergebnisse bieten einen Rahmen für weitere Arbeiten zur Realisierung adaptiver Kartendienste z.B. für ortsbezogene Dienste (ZIPF 1998, 2001, 2003).

1 Einführung

Karten bieten eine ideale Unterstützung für vielfältige Aufgaben – insbesondere unterwegs. Sie ermöglichen es, generell einen Überblick über eine Umgebung zu gewinnen, Routen zu planen oder darzustellen, auf wichtige Objekte hinzuweisen, thematische Phänomene in ihrer räumlichen Ausbreitung zu vermitteln, etc. Dabei spielt jedoch die Art der Darstellung der abgebildeten Objekte auf der Karte eine große Rolle, ebenso wie das, was nicht abgebildet wird. Durch die Automatisierung der Erstellung digitaler Karten z.B. für Navigati-

onszwecke oder in mobilen Stadtinformationssystemen, wird die Forderung erhoben, dass jeder einzelne Nutzer bei jedem „Karten-Request“ eine individuell an die Bedürfnisse, Interessen und Erwartungen der Nutzer, sowie an die aktuelle Situation angepasste Karte erhält (ZIPF 1998, 2002; MENG 2002; REICHENBACHER *et al.* 2002; MENG und REICHENBACHER 2001). Z.B. könnten Farbschema und Symbolpaletten so angepasst werden, dass – neben ästhetischen Gesichtspunkten – der Nutzer sich maximal schnell zurechtfindet, der Kartenmaßstab, -ausschnitt und die Ausrichtung könnten automatisch der aktuellen, Position, Geschwindigkeit, Bewegungsrichtung, sowie der Struktur der Region entsprechend angepasst werden. Wenn noch für den Nutzer potentiell interessante Objekte oder allgemein bekannte Landmarken in der Umgebung sind, die auf dem ursprünglich angeforderten Kartenausschnitt nicht zu sehen wären, kann der Ausschnitt automatisch entsprechend angepasst werden (eine derartige Funktion wurde schon prototypisch im Rahmen des Projektes „Deep Map“ realisiert, vgl.- ZIPF 2000). Je nach Kulturkreis können die Erwartungen eines Benutzers an eine gegebene Karte variieren, denn es gibt verschiedene Standards bzw. Konventionen der Darstellung. Zudem sollte je nach aktueller Interessenslage „wichtigere“ Objekttypen oder Einzelobjekte prominenter symbolisiert oder dargestellt werden. Noch fehlen für die Umsetzung derartiger Ideen mehrere Komponenten. So sind die Benutzereigenschaften, -interessen und -bedürfnisse weder ausreichend modelliert, noch leicht und sicher genug zu gewinnen. Selbst wenn diese in Interaktion mit dem System über eine Oberfläche eingegeben werden, folgt aus den Werten noch nicht unmittelbar, wie sie sich konkret auf die Kartengestaltung auswirken sollen, um einen echten Mehrwert zu bieten. Hier scheinen noch eine Reihe grundlegender Arbeiten nötig. Während einige Aussagen qualitativ über „Wenn-Dann“-Regeln fassbar sind, ist es das langfristige Bestreben, feinere Unterschiede mittels mathematischer Funktionen modellieren zu können. Hier setzt dieser Beitrag an. Dabei beschränken wir uns zunächst auf die Bewertung der Bedeutung der auf der Karte dargestellten Objekte. Es soll eine benutzer- und kontextabhängige (also „situative“) Bedeutsamkeit der im GIS (bzw. der räumlichen Datengrundlage) existierenden Geoobjekte in der gegebenen Region für die angeforderte Karte berechnet werden. Dieser Bedeutungswert kann dann dazu genutzt werden, um den Grad der Generalisierung oder die farbliche Darstellung, die Symbolik oder ein Maß für die Wichtigkeit der Beschriftung (Labeling) der fraglichen Geoobjekte auf der Karte zu beeinflussen. Werden hierbei inhaltliche und räumliche Kriterien berücksichtigt, um den Fokus des Nutzers schnellstmöglich auf den oder die aktuell wichtigen Bereiche der Karten zu lenken, sprechen wir von Fokuskarten. Durch die Einbeziehung sich potentiell dynamisch verändernder Parameter wird ein dies berücksichtigender Kartendienst zu einem tatsächlich „adaptiven“ Dienst.

2 Forschungsansatz

Um nach den eher visionären Ideen zu einer seriösen Auseinandersetzung mit kontextuellen und personalisierten Faktoren zu kommen, besteht dringender Forschungsbedarf darüber, welche Faktoren tatsächlich einen messbaren Einfluss auf das Verständnis von Karten haben, welche Kontextfaktoren welche Designentscheidungen bei Karten in welchem Maße beeinflussen, sowie welche dieser persönlichen und kontextbezogenen Faktoren überhaupt dynamisch erhoben und im System verarbeitet werden können (vgl. ZIPF 2003). Hierzu soll hier ein Forschungsansatz vorgeschlagen werden. Dieser besteht darin, fehlende Para-

meter zunächst zu simulieren, also anzunehmen, man würde diese Kontextdaten kennen (z. wie müde ist der Nutzer, welchem Kulturkreis gehört er an, wie alt ist er etc.) und dann Testpersonen entsprechend angepasste Karten anzubieten. Dann kann evaluiert werden, wie die Reaktion, Akzeptanz oder Verständnis sich gegenüber konventionellen Karten ändert. Ein Problem ist hierbei der Zeitfaktor. Die Ergebnisse werden davon beeinflusst wie lange sich die Testperson an eine neue Darstellungsform gewöhnen konnten. Wichtig erscheint aus geoinformatischer Sicht dabei, dass es sich bei der Kartengestaltung tatsächlich um dynamisch vom Computersystem generierte Karten handelt. Denn typischerweise sind die Unterschiede von vom ausgebildeten Kartographen erstellten und einem System automatisch erzeugten Karten noch recht beträchtlich – im Sinne, dass die von Hand erstellten Karten eine höhere Qualität vorweisen. Allerdings wird es kaum möglich sein, für einen extrem heterogenen Adressatenkreis und vielfältige Kontextsituationen entsprechend vorgefertigte individualisierte Karten vorzuhalten. Es scheint also kaum eine Alternative zur Automatisierung zu geben, wenn man nicht alle Nutzer mit dem gleichen Standardprodukt beglücken will. Ein weiterer Ansatz besteht darin, sich eine Reihe unterschiedlicher Kartengestaltungen für die verschiedenen Parameter von Hand zu erstellen und deren Vorteile und Akzeptanz beim Zielpublikum zu testen und dadurch die geeigneten Gestaltungsmerkmale zu bestimmen. Hierbei handelt es sich um kartographische (und z.T. psychologische) Grundlagenforschung. Die Abbildung dieser Ergebnisse in Algorithmen und Computerprogramme ist dann wieder eine Aufgabe für die Geoinformatik. Ein wirklich brauchbares Ergebnis scheint nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit möglich. Man darf diesen Aufsatz sehr gerne als Aufruf zu selbiger verstehen. Werden weitere qualitative oder quantitative Ergebnisse aus psychologischer und kognitionswissenschaftlicher Grundlagenforschung und Experimenten verfügbar, dann muss man in einem weiteren Schritt daran gehen, diese formal abzubilden. Hier bietet sich ein zweistufiger Ansatz an: Qualitative Ergebnisse können zunächst in explizite Regeln abgebildet werden. Sind die Resultate sogar quantitativ und mathematisch in Formeln abbildbar, dann können sie u.a. dazu verwendet werden, eine Gewichtung der Aussagen vorzunehmen. In derartigen Regeln könnte beispielsweise festgehalten werden, welche Gewichte in welchen Maßstabsebenen gelten, etc. Weitere Beispiele für derartige Regeln könnten sein: Regeln für die Auswahl der Repräsentationsform, also Objektdarstellung (versch. Generalisierungsstufen), Labeling (insbesondere die Frage, was -- also welche Objekte – sollen überhaupt beschriftet werden und wie soll dies für unterschiedliche Benutzergruppen geschehen). Dies gilt natürlich nur, wenn festgestellt werden konnte, dass z.B. unterschiedliche Schriftarten, Farben, Fontgrößen für spezielle Gruppen überhaupt einen Vorteil darstellen. Ähnliches - aber in erweitertem Maße - gilt für unterschiedliche Symbolisierung (ANGSÜSSER 2002). Hier sind unterschiedliche Symbolpaletten für unterschiedliche Benutzertypen oder Typen der Kartenverwendung (Tasks) im Einsatz.

Letztendlich kann man aber davon ausgehen, dass es in den meisten Fällen nötig sein wird numerisch Funktionswerte und Gewichtungen zu berechnen, die es ermöglichen, einen graduellen Übergang von der einen zur anderen Repräsentationsform zu realisieren. Als ersten Schritt wird man einen pragmatischen Ansatz wählen, in dem im Wesentlichen binäre Aussagen (eine Darstellungsart wird gewählt oder nicht) zum Einsatz kommen. In diesem Fall bieten sich explizite Regeln der Form: Wenn A dann B unter Einbeziehung von Randbedingungen x,y,z an. Diese lassen sich z.B. auch in XML fassen, was die weitere Verarbeitung z.B. über Transformationen erleichtert. Unter anderem ermöglicht es auch das automatische Erzeugung z.B. von Java-Klassen über Data-Binding Mechanismen, wie JAXB von Sun oder unter der Nutzung von Werkzeugen wie „Castor“ (www.castor.org).

Im Folgenden soll für den konkreten Anwendungsfall „Fokuskarten“ ein Formalismus für die Bestimmung der Relevanz einzelner Geoobjekte für den Karteninhalt von Fokuskarten erstellt werden. Es soll also eine mathematische Formel aufgestellt werden, die die wesentlichen Parameter erhält, um eine derartige Bestimmung der Bedeutung von Geoobjekten durchführen zu können. Diese Formel soll insbesondere auch personen- und kontextspezifische Parameter abdecken können. Diese Forderung bringt einige Schwierigkeiten mit sich, da zunächst nur relativ allgemeine Aussagen zur Formel erlauben. Zunächst soll das Konzept der Fokuskarten erläutert werden.

3 Fokuskarten

Fokuskarten stellen nach ZIPF und RICHTER (2002) zweckgerichtete Karten dar, bei denen im Gegensatz zu herkömmlichen topographischen oder thematischen Karten, die der Übersicht dienen und hierzu Ausprägungen gleichgewichtet über den gesamten Kartenausschnitt darstellen, die Objekttypen, Einzelobjekte und Regionen innerhalb des Kartenausschnitts, die für die gegebene Aufgabe besonders wichtig sind, hervorgehoben dargestellt werden. Dies macht besonders bei mobilen Anwendungen Sinn, bei denen Karten in der Regel nicht lange studiert werden, sondern als Kurzzeitkarten (WINTER 2002) dynamisch erzeugt werden und nur weniger kurzer Blicke gewürdigt werden und hierbei ihre Informationsauftrag erfüllen müssen. Dieses Hervorheben kann mittels unterschiedlicher kartographischer Techniken geschehen, z.B. unterschiedliche Farbtintensitäten, Symbole, Label, Generalisierung oder auch, dass die wichtige „Region“ dadurch detaillierter dargestellt wird, dass ein größerer Maßstab verwendet wird. Derartige Distortionen – d.h. Maßstabsänderungen innerhalb eines Kartenausschnitts - sind u.U. problematisch, denn Nutzer, die üblicherweise herkömmliche gedruckte Karten verwenden, sind dies nicht gewohnt und damit ist es u.U. verwirrend und kognitiv schwer zu verarbeiten, wenn sich innerhalb einer Karte unterschiedliche Maßstäbe wiederfinden. Dies ist etwa bei Lupen-Karten, Fischaugenprojektionen oder andere kartenähnlichen Abbildungen mit Distortionen der Fall. Man kann eher davon ausgehen, dass ein typischer Nutzer im Maßstab in sich konsistente Karten gewohnt ist und daher nicht mit stark gewöhnungsbedürftigen Projektionen beglückt werden will. Allerdings sind dem Autor hierzu keine abschließenden empirischen oder kognitionspsychologischen Ergebnisse bekannt; d.h. man kann sicherlich Wege und Situationen finden, bei denen auch derartige Methoden sinnvoll und gut vermittelbar sind und die Kartenaussage unterstreichen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn es für die zu lösende Aufgabe nicht wichtig ist, in der Karte metrische Distanzen richtig abschätzen zu können. Dies gilt, wenn metrische Distanzen nur eine untergeordnete Rolle spielen, wie etwa in U-Bahn-Plänen, bei denen nur topologische Beziehungen und Zeitdistanzen bedeutsam sind. Gerade bei Routenkarten gibt es eine Reihe von Ansätzen (z.B. AGRAWALA and STOLTE 2001, BUTZ *et al.* 2001, FREKSA 1999), die nur eine sehr grobe, ungefähre Repräsentation der metrischen Information verwenden. Stattdessen betonen sie die für die Navigation wesentlichen inhaltlichen und topologischen Informationen. Derartige topologische Karten sind also ein Spezialfall, bei dem von vorne herein kaum geometrische Lagetreue zu vermitteln versucht wird. Wenn man sich überlegt, wann geometrische Distortionen bei Übersichtskarten von Vorteil wären, kann man den folgenden Fall konstruieren: Wenn relativ weit von der dargestellten Region weg, noch eine sehr wesentliche und dem Nutzer bekannte Landmarke wäre, würde eine Distortion erlauben diese doch darzustellen. Aber da

durch die Distortion die Entfernung nicht mehr dargestellt wird, hilft dies doch nicht so viel weiter. Einfacher ist es in diesem Fall am Kartenrand einen schriftlichen Verweis darauf mit Distanz- und Richtungsangabe anzubringen.

Im Wesentlichen verwendet unser Konzept der Fokus-Karten daher zunächst vorrangig die Mittel unterschiedlich starker Generalisierung der unterschiedlichen Informationsarten und unterschiedlich intensiver Farben, sowie variabler Darstellung (Form, Größe, Farbe) der Symbole. Diese Karteneigenschaften lassen sich zum Großteil auch noch mittels klassischer GIS-Methoden realisieren. Der räumliche Fokus wird dabei von mehreren Puffern mit unterschiedlichen Distanzen um die berechnete Tour oder die Nutzerposition bestimmt. Abhängig von diesen Puffern und der darzustellenden Objektklasse werden die Objekte unterschiedlich generalisiert – wobei in dem bei ZIPF und RICHTER 2002 realisierten Prototypen lediglich ein einfacher Linienausdünnungsalgorithmus (DOUGLAS and PEUCKER 1977) eingesetzt wird. Es soll auch nur das Prinzip verdeutlicht werden, da Generalisierungsverfahren ein eigenes Thema darstellen (vgl. z.B. MÜLLER *et al.* 1995, BARKOWSKY *et al.* 2000). Außerdem wird die Farbtintensität mit zunehmendem Abstand vom Fokus zurückgenommen. Abbildung 1 verdeutlicht dies in sehr vereinfachter Weise. Andere kartographischen Techniken zur Fokusbildung sind vorstellbar.



Abb.1: Vereinfachtes Beispiel zum Konzept von Fokuskarten

4 Formalisierung der Bewertung von Objekten in Fokuskarten

Das übergeordnete Ziel ist es also, bei der Kartenerzeugung eine automatische Fokussierung auf kontext- und benutzerspezifisch wichtige Objekte zu ermöglichen. Wie erwähnt, kann die Fokussierung selbst dann durch verschiedene kartographische Techniken erreicht werden. Hier sollen zunächst die Einflussfaktoren, die die Bedeutung der auf die zu fokussierenden Objekte bestimmen, formal erfasst und in eine mathematische Formel abgebildet werden. Insbesondere werden die Charakteristika von Funktionen, die eine entsprechende Bewertung von Geoobjekten vornehmen können, untersucht. Im Folgenden wird hierzu ein formales Modell entwickelt. Die Idee hierbei ist eine Relevanzfunktion für Geoobjekte zu definieren; d.h. es soll eine – je nach verwendeter Funktion – stufenweise oder kontinuierliche Einteilung der darzustellenden Geoobjekte auf der Karte in solche, die inhaltlich und räumlich im Fokus liegen und solche, die dies nicht tun, sondern weniger dominant dargestellt werden können, erfolgen. Hierzu benötigen wir eine Funktion um

stellt werden können, erfolgen. Hierzu benötigen wir eine Funktion um Werte für derartige Anpassungen (Änderung der Farbe etc.) vorzunehmen. Dieser Ansatz basiert auf Arbeiten von ANDRE (1995) zur Erzeugung multimedialer Präsentationen. COORS (2002) verwendet ähnliche Verfahren um zu bestimmen, in welcher Reihenfolge 3D-Objekte über das Internet übertragen werden sollen. Wir möchten vorschlagen, ähnlich dem Ansatz von HARTMANN *et al.* (1999), jedem Geoobjekt einen sogenannten Dominanzwert zuzuordnen. Dieser soll die Bedeutung des Geoobjekts für die Vermittlung des aktuellen Ergebnisses der Anfrage repräsentieren. Nun ordnet eine zu definierende Dominanzfunktion DOM jedem Geoobjekt go abhängig von einer Anfrage (*query*) q an den Kartenservice (d.h. einer gewissen Parametern genügenden Karte) unter Berücksichtigung des Kontextes c , der Benutzereigenschaften und -präferenzen b , sowie der Eignung des Objekts als Landmarke lm ein reelles Ergebnis als Dominanzwert zu.

$$DOM_{q,c,b,lm} : go \rightarrow ?$$

Im folgenden soll die Dominanzfunktion genauer charakterisiert werden. Dann ist zu diskutieren, ob und wie die nötigen Werte zur Parametrisierung der gefundenen Funktion zu erheben sind. Dies ist allerdings im hier gegebenen Rahmen nicht erschöpfend möglich. Sicherlich kann erwartet werden, dass dies sehr schwierig wird und viele Faktoren experimentelle Näherungswerte sind. Aber wir wollen zunächst das Aussehen der Funktion untersuchen, um überhaupt Aussagen über eine Umsetzbarkeit treffen zu können. Daß in vielen Fällen auch pragmatische Ansätze (vgl. ZIPF und RICHTER 2002) akzeptable Lösungen ergeben, bietet einen Hoffnungsschimmer. Nichtsdestotrotz soll hier aufgezeigt werden, wie einer solche Bewertung mathematisch formal ausgedrückt werden kann.

Ein erster Faktor zur Bestimmung der Dominanz DOM_{go} eines Geoobjekts go ist die Wichtigkeit dieses Geoobjekts bezüglich der vom Nutzer gestellten Anfrage (*query*) q . Zum Errechnen dieses Wertes werden Verfahren aus der Informationsvisualisierung adaptiert (KEIM und KRIEGEL 1994). Zunächst soll für jedes Geoobjekt ein „Distanzmaß“ zwischen den angefragten Parametern und Charakteristika des Geoobjekts errechnet werden. Dieses Distanzmaß zwischen Merkmal und den korrespondierenden Anfrageparametern hängt einerseits vom Typ des Merkmals, andererseits von der Aufgabe ab. Ein Problem hierbei liegt in der Definition inhaltlich passender Distanzfunktionen für unterschiedliche Datentypen. Während für metrische Datentypen üblicherweise die einfache Differenz als Distanzmaß verwendet wird, ist dies bei nichtmetrischen Datentypen ohne offensichtliche, oder nur schwer zu interpretierende, Distanz schwieriger. Daher ist es für die jeweiligen Merkmale notwendig, entsprechende spezielle Distanzen festzulegen. Im Falle räumlicher Daten sind geometrische Distanzen (euklidischer Abstand) üblich. Allerdings können in speziellen Fällen auch nur Aussagen zu topologischen Beziehungen von Interesse sein. In vielen Fällen – wenn z.B. wenn Ähnlichkeitsmaße zwischen unterschiedlichen Typen von Geoobjekten dargestellt werden sollen, wird man die Distanz nur über die Angabe entsprechender experimentell zu bestimmender Matrizen festlegen können. Die merkmalspezifische Entfernung eines Anfrageparameters q_i bzgl. einer Ausprägung a_i des entsprechenden i -ten Merkmals eines Geoobjekts wird also mit Hilfe einer jeweils noch zu bestimmenden Distanzfunktion

$$d_i = dist(q_i, a_i)$$

errechnet. Dieses Entfernungsmaß für alle Parameter zwischen einem Geoobjekt go und der Anfrage q ist also über einen Distanzvektor

$$d = (d_0, d_1, \dots, d_n)$$

definiert. Die Parameter der Anfrage können je nach Benutzer und Kontext unterschiedliche Gewichtungen aufweisen. Dabei soll der Benutzer durch einen Vektor $b = (b_0, b_1, \dots, b_m)$ von Eigenschaften b_j , wie z.B. Interessen, beschrieben werden. Ähnlich wird der Kontext durch einen Vektor $c = (c_0, c_1, \dots, c_k)$ mit Parametern c_i charakterisiert. Diese Distanz ist also von einer Funktion f von diesen Benutzer- und Kontextparametern abhängig. Dies soll durch folgende Formel ausgedrückt werden, die benutzer- und kontextabhängige Distanz $dist_{bc}$ eines Geoobjekts von einer Anfrage allgemein beschreibt:

$$dist_{bc}(q, p) = f(b, c, d(q, p))$$

Da man davon ausgehen muss, dass der Kontext wiederum einen Einfluss auf die Benutzerparameter (z.B. die Werte seiner aktuellen Interessen) hat, kann man die Vektoren b und c nicht ohne weiteres separieren und miteinander (u.U. gewichtet) multiplizieren, sondern kann nur die Aussage treffen, dass die Eigenschaften des Geoobjektes bzgl. einer Anfrage und die Kontext- und Benutzerparameter miteinander (möglicherweise über eine Multiplikation) verknüpft werden können. Dies stellt sich folgendermaßen dar:

$$dist_{bc}(q, p) = \alpha_1(b, c) \cdot \alpha_2(d(q, p))$$

Pragmatische Ansätze aus anderen Bereichen verwenden meist einfach einen nutzer- oder kontextspezifischen Gewichtungsfaktor für jedes d_i .

Die gesamte Distanz $DIST_{gesamt}$ eines Geoobjektes go bezüglich einer Anfrage q mit n Anfrageparametern ist dann über die Summe der gewichteten Distanzen von Anfrageparametern und korrespondierenden Merkmalen des Geoobjekts zu bestimmen:

$$DIST_{gesamt} = \sum_{j=0}^n \alpha_j \cdot dist_j(p, q) \quad \text{mit} \quad \sum_{i=0}^n \alpha_i = 1$$

Dabei kommt für jeden Anfrageparameter an Indexposition j ein eigener Gewichtungsfaktor α_j zum Einsatz, der die relative Bedeutung der Merkmale zueinander ausdrückt (daher wird er als Randbedingung auf 1 normiert). Nun ist aber $dist_i$ potentiell ein beliebig großer Wert (z.B. bei metrischen geographischen Distanzen) ohne natürliche obere Schranke und sollte daher erst noch in den Wertebereich $[0, \dots, 1]$ transformiert werden. Diese letztere Bedingung erfüllt man, indem man eine monotone Funktion verwendet, die das Distanzmaß $dist_i$ von $[0, \infty)$ auf $[0, 1]$ abbildet. Dies kann z.B. folgende Funktion leisten:

$$dist_{i, normiert} = 1 - \frac{1}{1 + dist_i}$$

Allerdings ist natürlich im Einzelfall auf die Semantik bezüglich der Daten, auf die die Funktion angewendet wird, zu achten. Es können jedoch auch Geoobjekte, die die ursprünglichen Anfragekriterien nicht erfüllen, d.h. z.B. außerhalb des Kartenausschnitts liegen, oder zunächst nicht explizit angefordert wurden, als wichtig erachtet worden sein und bei der Visualisierung berücksichtigt werden. Insbesondere gilt dies für Landmarken, deren Bedeutung auch wieder nach verschiedenen persönlichen oder kontextuellen Parametern gewichtet werden kann. Dieser Bedeutungswert, der die „Eignung als Landmarke“ des Geoobjekts go in Kontext c für Benutzer b beschreibt, soll durch die Formel

$$LM = lm_{go}(b, c) \text{ mit } 0 \leq lm_{go} \leq 1$$

ausgedrückt werden. D.h. LM soll ebenfalls normiert sein. Damit kann man einen globalen Dominanzwert DOM_{go} als Bedeutung eines Geoobjektes bestimmen, indem man die verschiedenen Relevanzanteile summiert. Dies umfasst einerseits die abfrage-spezifische Bedeutung BED , definiert als:

$$BED = 1 - DIST_{gesamt}(b, c, q)$$

Die Subtraktion von BED von 1 ist nötig, da „gute“ Differenzwerte zwischen Anfrage und verfügbaren Geoobjekten zunächst kleine Werte gegen Null aufweisen, aber größere Werte von BED eine größere Dominanz des Geoobjekts bedeuten sollen.

Andererseits kann als zweiter Anteil die oben eingeführte benutzer- und kontextabhängige Bedeutung des Geoobjekts als Landmarke $lm(b, c)$, die man mit den Faktoren α_1 und α_2 gewichtet, aufsummiert werden.

$$DOM_{go} = \alpha_1 \cdot (BED_{go}(b, c, q)) + \alpha_2 \cdot lm_{go}(b, c) \text{ mit } \alpha_i \geq 0$$

oder in Kurzform:

$$DOM = \alpha_1 \cdot BED + \alpha_2 \cdot LM$$

Insgesamt kann man zum jetzigen Zeitpunkt sagen, dass mangels empirischer, kognitiver oder theoretischer Erkenntnisse fast alle Variablen in der vorgestellten Gleichung heute noch experimentell erhoben werden müssen und somit eine praktische Umsetzung noch sehr schwierig ist. Allerdings kann diese Formel aufzeigen, wie derartige kontext- und personenabhängige Parameter -- so sie denn irgendwann tatsächlich zur Verfügung stehen -- zur Realisierung von kontext- und benutzeradaptiver Karten eingesetzt werden können. Insbesondere können Veränderungen evaluiert werden, die durch Veränderung einzelner Parameter bei Festhalten der Werte der anderen Parameter entstehen. Hierdurch ist eine der Grundvoraussetzungen für die Überprüfbarkeit und Vergleichbarkeit wissenschaftlicher Resultate erfüllt. Sicherlich bedarf diese Funktion weiterer Verfeinerungen, und es muss überprüft werden, ob sie alle Erfordernisse erfüllt. Sollen zusätzliche Aspekte in die Bewertung aufgenommen werden, die bisher noch nicht durch die Formel erfüllt sind, so muss diese gegebenenfalls um die entsprechenden Terme erweitert werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde ein mathematischer Formalismus entwickelt, der es ermöglicht, die personen- und kontextspezifische Bedeutung von Geoobjekten für eine dynamisch erzeugte Karte unter Einbeziehung der personenspezifischen Eignung der Objekte als Landmarken zu bestimmen. Hiermit wurde ein Beitrag geleistet, die aktuelle Diskussion um mobile und situationsadaptive Kartographie (oder allgemeiner GIS-Dienste) einer Operationalisierung ein Stück näher zu bringen. Durch die große Bandbreite möglicher Parameter und der fehlenden Erkenntnisse, wie diese jeweils mit welcher Gewichtung in die Kartengestaltung eingehen sollen, bleibt eine weitreichende Umsetzung im Sinne einer Implementierung noch in gewisser Ferne. Jedoch wird klarer, welcher Art die Informationen sind, nach denen in Kognitionswissenschaften, Psychologie, und Geowissenschaften geforscht werden sollte. Hierzu wurde eine empirische Forschungsmethodik konkret vorgeschlagen. In diesen Rahmen können zukünftige Ergebnisse eingebettet werden. Ähnliche Probleme wie die diskutierten finden sich in mehreren Bereichen, wenn Kartengestaltung oder GIS-Dienste adaptiv auf Kontext und Benutzerfaktoren reagieren sollen – nicht nur bei der Erzeugung von Fokuskarten. Insbesondere für das Gebiet der kartographischen Gestaltung mobiler Dienste werden von ZIPF (2003) wesentliche Forschungsfragen zusammengefasst.

6 Danksagung

Diese Arbeit erfolgte am European Media Laboratory, EML in Heidelberg mit Förderung der Klaus-Tschira Stiftung (KTS, Heidelberg). Ich danke alle Mitarbeitern des EML - insbesondere Matthias Merdes – sowie Kai-Florian Richter (FB Informatik, Universität Bremen) und den Kooperationspartnern für ihre Diskussionsbeiträge.

7 Literatur

- AGRAWALA, M. and STOLTE, C. (2001). *Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization*. In: SIGGRAPH 2001, Los Angeles, USA.
- ANDRÉ, E. (1995) *Ein planbasierter Ansatz zur Generierung multimedialer Präsentationen*, DISKI 108, infix, 1995.
- ANGSÜSSER, St. (2002.12.02): *Aspekte adaptiver Symbolisierung*. DGfK-Workshop "Kann Kartengestaltung bleiben wie sie ist?". Fulda, 2. & 3. Dezember 2002.
- BARKOWSKY, T. and FREKSA, C. (1997): *Cognitive Requirements on Making and Interpreting Maps*. In Hirtle, S. C. and Frank, A. U. (eds): *Spatial Information Theory – A Theoretical Basis for GIS*. Laurel Highlands, Pennsylvania, USA. International Conference COSIT, Berlin: Springer pp.347-361.
- BARKOWSKY, T., LATECKI, LONGIN J. and RICHTER, K.-F. (2000): *Schematizing Maps: Simplification of Geographic Shape by Discrete Curve Evolution*. In Freksa, C., Brauer, W., Habel, C., and Wender, K. F. (eds.): *Spatial Cognition II – Integrating Abstract Theories, Empirical Studies, Formal Methods, and Practical Applications*. Berlin. Springer. pp. 41-54.
- BUTZ, A., BAUS, J., Kyrüger, A. und Loyhse, M. (2001): *Some remarks on automated sketch generation from mobile route descriptions*. In Proceedings from the first Symposium for Smart Graphics. ACM Press. New York.

- COORS, V. (2002): *Dreidimensionale Karten für Location Based Services*. In: Zipf, A. und Strobl, J. (Hrsg.)(2002): *Geoinformation mobil*. Wichmann Verlag, Heidelberg. 14-15.
- DEY, A.K., SALBER, D., ABOWD, G. (1999): *Towards a better understanding of context and context-awareness*. GVU Technical Report GIT-GVU-99-22, College of Computing, Georgia Institute of Technology.
- DOUGLAS, DAVID H. and PEUCKER, T. K. (1973): *Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or Its Character*. *The Canadian Geographer*, 10(2): 112-123.
- FINK, J. & A. KOBASA (2002): *User Modeling in Personalized City Tours*, In: *Artificial Intelligence Review* 18(1), S. 33-74.
- FREKSA, C. (1999). *Spatial Aspects of Task-Specific Wayfinding Maps – A Representation-Theoretic Perspective*. In Gero, J. and Tversky, B. (eds.): *Visual and Spatial Reasoning in Design*, pp.15-32, University of Sidney. Key Centre of Design Computing and Cognition.
- HARTMANN *et al.* (1999), *Interaction and Focus: Towards a Coherent Degree of Detail in Graphics, Captions and Text*. In: Lorenz, P. and Deussen, O. (Eds), *Simulation and Visualization '99*, SCS-Society for Computer Simulation Int., Erlangen, 1999.
- HEIDMANN, F. (1999): *Aufgaben- und nutzerorientierte Unterstützung kartographischer Kommunikationsprozesse durch Arbeitsgraphik*. Konzeptionen, Modellbildung und experimentelle Untersuchung. CGA-Verlag, Herdecke.
- KEIM, D.A. und KRIEGEL, H.P. (1994): *VisDB: Database Exploration Using Multidimensional Visualization*, *Computer Graphics & Applications Journal* 1994.
- MENG, L. (2002): *Personalisierung der Kartenherstellung und Mobilität der Kartennutzung*. *Kart. S. Band 6*, Kirschbaum Verlag. S. 10-15.
- MÜLLER, J.C., LAGRANGE, J. P. & WEIBEL, R. (eds.) (1995). *GIS and Generalization – Methodology and Practice*. London: Taylor & Francis
- NYVERGES, T. L. *et al.* (ed)(1994): *Cognitive aspects of human-computer interaction for Geographic Information Systems*. NATO ASI Series D: Behavioural and Social Sciences. Vol 83. Dordrecht.
- REICHENBACHER, T., ANGSÜSSER, St. & MENG, L. (2002): *Mobile Kartographie - eine offene Diskussion*. In: *Kartographische Nachrichten*, 52. Jg., H.4. Bonn, Kirschbaum, 2002: 164-166.
- ZIPF, A. and RICHTER, K.-F. (2002): *Using FocusMaps to Ease Map Reading. Developing Smart Applications for Mobile Devices*. In: *KI - Künstliche Intelligenz (Artificial Intelligence)*. Sonderheft/ Special issue on: *Spatial Cognition*. 04/2002. 35-37.
- ZIPF, A. (2000): *Deep Map / GIS – ein verteiltes raumzeitliches Touristeninformationssystem*. Dissertation. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Gesamtfakultät. Geographisches Institut. Universität Heidelberg.
- ZIPF, A. (2002): *User-Adaptive Maps for Location-Based Services (LBS) for Tourism*. ENTER 2002, Innsbruck, Austria, 329-338.
- ZIPF, A. (2002): *Die mobile Geo-Informationsgesellschaft – Technologie, Chancen & Risiken*. In: Zipf, A. und Strobl, J. (Hrsg.)(2002): *Geoinformation mobil*. Wichmann Verlag, Heidelberg. 2-12.
- ZIPF, A. (2003): *Forschungsfragen zur benutzer- und kontextangepassten Kartenerstellung für mobile Geräte*. In: *Kartographische Nachrichten (KN)*, 1/2003. Themenheft: *Mobile Kartographie*. S. 6-11.
- ZIPF, A. (1998): *Deep Map – a context aware tourist guide*. In: *GIS Planet* 1998. Lisbon, Portugal.