



Untersuchungen zu zweidimensionalen Strukturinformationen am Beispiel von Waldobjekten im Warnow-Einzugsgebiet

Erik Borg ¹, Anja Klisch ²

¹ *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V., Fernerkundungsstation Neustrelitz, Kalkhorstweg 53, D-17235 Neustrelitz*

² *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V., Fernerkundungsstation Neustrelitz, Kalkhorstweg 53, D-17235 Neustrelitz*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **87** (4), S. 196–202

1999

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Borg_VGI_199923,  
  Title = {Untersuchungen zu zweidimensionalen Strukturinformationen am Beispiel  
          von Waldobjekten im Warnow-Einzugsgebiet},  
  Author = {Borg, Erik and Klisch, Anja},  
  Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
            Geoinformation},  
  Pages = {196--202},  
  Number = {4},  
  Year = {1999},  
  Volume = {87}  
}
```





Untersuchungen zu zweidimensionalen Strukturinformationen am Beispiel von Waldobjekten im Warnow-Einzugsgebiet

Erik Borg und Anja Klisch, Neustrelitz

Zusammenfassung

Es ist heute unbestritten, daß die ökologische Wertigkeit eines Landschaftsobjektes neben seiner Nutzung auch durch seine Struktur (z.B. Fläche, Form) und Nachbarschaft (z.B. Umfang und benachbarte Nutzungen anderer Objekte) beeinflusst wird [1] [2]. Die geometrische Landschaftsstrukturanalyse ist ein Hilfsmittel zur Ableitung quantitativer Maße für die Evaluierung von Landschaften und Landschaftsobjekten. Derartige Strukturmaße sind u.a. Formindizes, die z.B. zur Erfassung der Objektkompaktheit genutzt werden, um sie mit ökologischen Objekteigenschaften wie der Innenraumstabilität gegenüber äußeren Einflüssen oder den Interaktionen mit ihrer unmittelbaren Nachbarschaft zu identifizieren.

Der vorliegende Beitrag diskutiert entwickelte Formindizes am Beispiel von Waldobjekten des Einzugsgebietes der Warnow (Mecklenburg-Vorpommern). Desweiteren werden Algorithmen zur Gewinnung der für die Formindizes erforderlichen Primärparameter (Fläche, Umfang, Umkreis, Inkreis eines Objektes) im Raster- und Vektorformat vorgestellt und vergleichend analysiert.

Abstract

Nowadays it is undisputed that the ecological valence of a landscape object in addition to its use is also influenced by its structure and its neighbourhood. The geometrical landscape structure analysis is a means for the derivation of quantitative dimensions for evaluation of landscapes and landscape objects. Among other things such structure dimensions are shape indices, which are used for example for registration of the object compactness.

The article discusses existing shape indices applied to forest areas in Mecklenburg-Vorpommern. Furthermore algorithms are described and analysed, which are necessary to compute parameters like area, perimeter, inner circle and circumcircle in raster and vector graphics.

1. Ökologische Bedeutung der Landschaftsstruktur

Die uns heute umgebende Kulturlandschaft ist ein Ergebnis der vielfältigen Nutzung durch den Menschen. Aus dem derzeit anhaltenden Nutzungsdruck in Art und Intensität resultieren Nutzungskonflikte, die einer gesellschaftlichen Konsensfindung bedürfen. Grundlage dafür sind Landschaftsleitbilder sowie Zielhierarchien, um eine Bewertung bzw. Beurteilung von Nutzungskonzepten zu ermöglichen. Wurde in der Vergangenheit die Landnutzung vorwiegend durch ökonomische Aspekte geprägt, gewinnen bei der Landnutzungsgestaltung zunehmend ökologische Gesichtspunkte an Bedeutung.

Die Interaktionen und Prozesse in einer Landschaft sind komplex und laufen auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Ebenen ab. Daraus resultiert das Bestreben beschreibende Elemente einer Landschaft analytisch zu erfassen und der Bedarf an quantifizierbaren Umweltindikatoren für bewertende Fragestellungen. Als Indikatoren zur Zustandserfassung und Bewertung der Landschaftsqualität wurde neben den Merkmalen „Funktion“ und „Veränderung“ die „Struk-

tur“ als sinnvolle Größe identifiziert [vgl. 2]. Das begründet sich aus der Tatsache, daß die Funktionalität nicht nur durch inhaltliche Eigenschaften (z.B. Landnutzung), sondern auch durch die Struktur beeinflusst wird. Bei Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Funktionalität und geometrischen Struktur besteht die Möglichkeit, die Struktur als Eigenschaft zur Bewertung von Funktionalität heranzuziehen.

Die geometrische Struktur einer Landschaft wird durch unterschiedliche räumliche Parameter definiert [2]. Diese sind u.a. die Größe von Landschaftsobjekten, deren Form und Anzahl, die Distanzen zwischen Objekten gleicher Landnutzung und die Nachbarschaft zu Objekten anderer Landnutzung.

Ogleich in der ökologischen Literatur der Objektform nur eine untergeordnete Rolle beigegeben wird, können durch diese als auch durch den Flächeninhalt eine Reihe ökologischer Zusammenhänge beeinflusst werden. Diese sind u.a. das vertikale Austauschpotential mit der Atmosphäre und dem Boden, die potentielle Interaktion mit der Umgebung oder die potentielle Stabilität des Objektes gegenüber äußeren Umgebungseinflüssen [3].

Zudem werden in den Übergangsbereichen aneinandergrenzender Landschaftsobjekte (Ökotope) ökologische Prozesse unterschiedlich moduliert. Das resultiert z.T. aus Unterschieden in den Wind-, Wasser- und / oder Lichtverhältnissen (Qualität, Intensität) [4] [5].

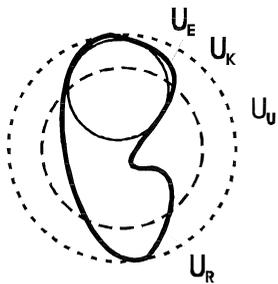
2. Formindizes auf der Basis von Fläche-Umfangverhältnissen

Zur Charakterisierung der geometrischen Form wurden unterschiedliche Indizes entwickelt. Diese beruhen auf Strukturmaßen, die direkt gemessen (z.B. Fläche, Umfang) oder indirekt ab-

geleitet (z.B. Um-, Inkreis) werden können (Abb. 1).

Formindizes wurden z.B. zur Untersuchung spezieller Landschaftsobjekte wie Seen [6], Habitate [7] oder zur Erfassung der Biodiversität von Inseln [8] eingesetzt.

Die ausgewählten Formindizes wurden hinsichtlich ihrer Größen-, Richtungs- und Maßstabsinvarianz sowie eindeutigen Interpretierbarkeit analysiert [3]. Da diese Anforderungen durch einige Indizes nur unzureichend erfüllt werden bzw. die Indizes teilweise ineinander überführbar sind, sollen im folgenden die in Tab. 1 aufgelisteten untersucht werden.



- U_K Umfang eines Kreises der Fläche A_R (Durchmesser D_K)
- U_R Umfang des realen Landschaftsobjektes mit der Objektfläche A_R
- U_E Umfang des größten in das Bildobjekt einschreibenden Kreises (Fläche A_E , Durchmesser D_E)
- U_U Umfang des kleinsten, das Objekt umschreibenden Kreises (Fläche A_U , Durchmesser D_U)

Abb. 1: Schematische Darstellung der für ein Landschaftsobjekt ableitbaren geometrischen Strukturmaße und -parameter [verändert nach 3].

Parameterbezeichnung	Mathematische Bezeichnung	Orientierung	Autor
Compactness	$C_1 = \frac{2 \sqrt{\pi A_R}}{U_R}$	Kreis gleichen Objektflächeninhalts	[7] [8] [9]
Circularity Ratio	$CR = \frac{A_R}{A_U}$	kleinsten umschreibenden Kreis	[10]
Shape Factor	$SF_1 = \frac{U_U}{U_R}$	kleinsten umschreibenden Kreis	[9]
Grain Shape Index	$GSI = \frac{U_R}{D_U}$	kleinsten umschreibenden Kreis	[11]
Shape Factor	$SF_2 = \frac{A_E}{A_R}$	größten einschreibenden Kreis	[11]
Circularity	$C_4 = \sqrt{\frac{D_E}{D_U}}$	kleinsten umschreibenden und größten einschreibenden Kreis	[11]
Shape Factor	$SF_3 = \frac{A_U - A_E}{A_R}$	kleinsten umschreibenden und größten einschreibenden Kreis	[11]
Corrected Circularity Index	$CCI_1 = \frac{U_K^2 + U_E \cdot U_U}{2 U_K U_U}$	kleinsten umschreibenden und größten einschreibenden Kreis	[3]
Corrected Circularity Index	$CCI_2 = 1 - \sqrt{\frac{(U_U - U_K) \cdot (U_K - U_E)}{U_U U_K}}$	kleinsten umschreibenden und größten einschreibenden Kreis	[3]

Tab. 1: Ausgewählte Formindizes zur Charakterisierung der Struktur von Landschaftsobjekten [verändert nach 3].

3. Untersuchungsgebiet und Datengrundlage

Für die Untersuchungen wurde das Einzugsgebiet der Warnow, südlich von Rostock im Bereich der Ortslage Schwaan in Mecklenburg-Vorpommern gewählt.

Als Datengrundlage wurde das Kartenblatt N-33-73-A-a-4 der Topographischen Karte 1:10.000 Ausgabe Staat (TK 10 (AS)) (mit Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Mecklenburg-Vorpommern) verwendet. Die für die Untersuchungen notwendigen Lageinformationen wurden durch Digitalisierung von Waldgrenzen gewonnen (Abb. 2). Zur Bewertung der verschiedenen Formindizes wurden solche Testobjekte ausgewählt, deren Flächeninhalte nahezu identisch sind, um vergleichbare Bedingungen zu gewährleisten. Die Objekte weisen

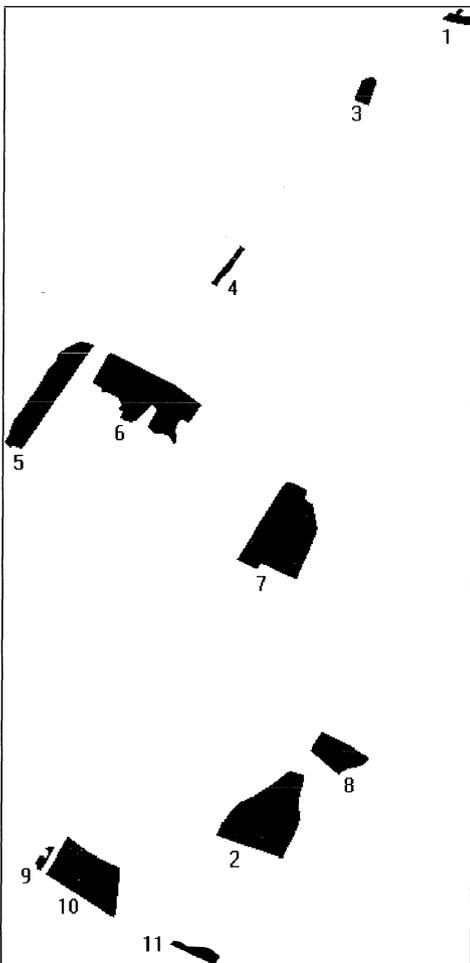


Abb. 2: Untersuchte Waldobjekte der TK 10 (AS) Kartenblatt N-33-73-A-a-4.

lediglich Unterschiede in ihrer Grundrißform auf. Zur Weiterverarbeitung wurden die digitalisierten Daten ins Gauß-Krüger-Koordinatensystem transformiert.

4. Primärdatenerhebung

Die Untersuchung der Waldobjekte erfordert die Bereitstellung der eingangs vorgestellten Parameter. Daher sind Methoden darzustellen, die eine Berechnung dieser Größen ermöglichen.

Die Gewinnung von Geoinformationen zur Landschaftsanalyse erfolgt in zunehmenden Maße durch die Fernerkundung. Bei der Ableitung von Primärparametern aus diesen Daten werden die Ergebnisse durch die diskrete Abtastung der Oberfläche oder die unterschiedliche geometrische Auflösung von Sensoren beeinflusst.

Bei der Bewertung kann das zu einer Verfälschung von Ergebnissen führen. Der Herleitung von Umfang und Fläche aus Rasterdaten ist somit ein hohes Gewicht beizumessen. Für die vergleichenden Analysen und zur Simulation von Fernerkundungsdaten wurden die Vektordaten ins Rasterformat konvertiert.

4.1 Ableitung von Umfang und Fläche

Nach BÄSSMANN u. BESSLICH [12] ergibt sich der Umfang aus der Summe der Außenkanten eines Objektes. Die Methode nach TOMLIN [13] nähert den Umfang in einer 3*3 Umgebung an. Das Verfahren analysiert die Nachbarschaft aller Pixel eines Bildes und ordnet in Abhängigkeit davon einen Umfang zu.

BORG [14] berechnet den Umfang eines Objektes aus dem arithmetischen Mittel der Summen der Innenpixel, Außenpixel und Kanten entlang der Objektgrenze.

Ein erster Ansatz zur Herleitung des Flächeninhalts ist durch einfaches Auszählen der Pixel gegeben. Desweiteren kann die Fläche, ähnlich wie der Umfang, in Abhängigkeit der 8 Nachbarpixel berechnet werden [13].

Um die vorgeschlagenen Algorithmen vergleichend analysieren zu können, wurden der Umfang und der Flächeninhalt in den Vektor- und Rasterdaten bestimmt. Obgleich die Ergebnisse auch im Vektorformat approximiert werden, können sie jedoch aufgrund der Abtastung in der Rastergraphik zur Evaluierung der aus den Rasterdaten ermittelten Größen genutzt werden [15].

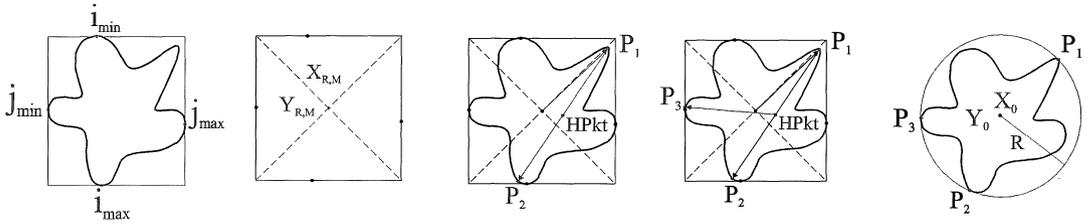


Abb. 3: Schematische Darstellung der Ermittlung des Umkreises [nach 16].

- Berechnung der Koordinaten des umschreibenden Rechtecks
- Berechnung der Koordinaten des Rechteckmittelpunktes
- Suchen der Punkte P_1 , P_2 und Berechnen des Mittelpunktes HPkt
- Suchen des Punktes P_3 (mit $HPkt-P_3 = \min$.)
- Berechnung des Umkreises (bei Existenz eines Punktes P_3).

4.2 Berechnung des Umkreises (kleinster umschreibender Kreis)

Die Ermittlung des Umkreises erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst wird der Mittelpunkt des kleinsten umschreibenden Rechtecks bestimmt. Davon ausgehend werden drei mögliche Punkte (P_1 , P_2 , P_3) auf dem Umkreis gesucht (Abb. 3).

Man unterscheidet drei verschiedene Fälle:

- P_3 existiert: Durchmesser und Koordinaten des Mittelpunktes werden aus drei auf dem Kreis liegenden Punkten errechnet (s. Abb. 3e), durch einen anschließenden Iterationsprozeß wird gesichert, daß der tatsächliche Mittelpunkt des Kreises detektiert wurde;
- P_3 existiert nicht: der konstruierte Hilfspunkt Hpkt entspricht dem Mittelpunkt des Kreises und die Strecke P_1 , P_2 dem Durchmesser;
- das Objekt ist ein singuläres Pixel: die Pixelkoordinate entspricht dem Mittelpunkt und die Diagonale dem Durchmesser.

4.3 Berechnung des Inkreises (größter einschreibbarer Kreis)

Während die Ermittlung des Umkreises ausschließlich ein Minimierungsproblem darstellt,

wird die Berechnung des Inkreises dadurch erschwert, daß ein „maximales Minimum“, also der größte in ein Objekt einschreibbarer Kreis, detektiert werden muß. Zudem muß der gesuchte Kreismittelpunkt im Objekt liegen. Daher wird als erster Schritt ein solches näheres Zentrum („Keimpunkt“) ermittelt (Abb. 4a). Aufgrund der diskreten Betrachtung im Raster können Pixel gleicher Randentfernung in unmittelbarer Nachbarschaft existieren. Diese werden für jedes Objekt registriert und in die weiteren Berechnungen als vorerst angenommener Mittelpunkt einbezogen.

Ausgehend von den „Keimpunkten“ werden die Punkte P_1 , P_2 , P_3 auf dem Inkreis gesucht (Abb. 4). Es treten zwei Sonderfälle auf. Zum einen besteht die Möglichkeit, daß der Inkreis genau ein Pixel groß ist, und zum anderen kann P_3 mit P_1 oder P_2 zusammenfallen.

Danach lassen sich mit Hilfe der gefundenen Punkte der Durchmesser und Kreismittelpunkt des Inkreises berechnen. Nach einer Iteration zur Verbesserung der Genauigkeit wird von allen „Keimpunkten“ eines Objektes derjenige als Mittelpunkt identifiziert, der den größten Inkreisradius aufweist.

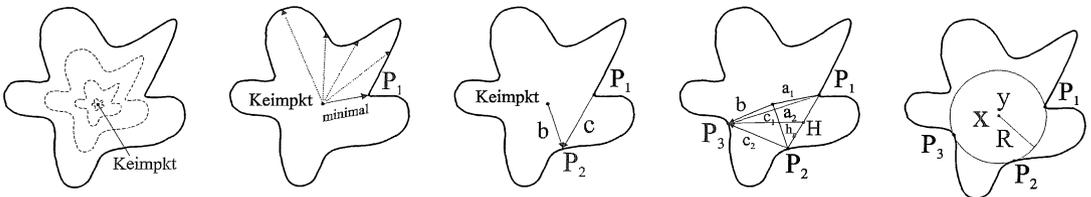


Abb. 4: Schematische Darstellung der Ermittlung des Inkreises [nach 16].

- Ermittlung der Koordinaten eines potentiellen Inkreismittelpunktes
- Ermittlung des Punktes P_1 kürzester Abstand zum Inkreismittelpunkt
- Ermittlung des Punktes P_2 (mit $b < c$, $b = \min$.)
- Berechnung des Punktes P_3 (mit $c_1 \geq a_1$, $c_2 \geq a_2$, $hg > b$, $b = \min$.)
- Berechnung des Inkreises (bei Existenz eines Punktes P_3).

5. Ergebnisse

5.1 Vergleichende Analyse für die ermittelten Umfänge und Flächen

In Tab. 2 erfolgt eine Zusammenstellung der auf Umfang und Fläche untersuchten Waldobjekte. Die Indizierung steht für V=Vektor und R=Raster (UV, UR bzw. AV, AR). Der zweite Index weist auf die Methode hin (T=Tomlin, B=Borg, P=Pixelanzahl). BÄSSMANN & BESSLICH überschätzen den Umfang der Objekte drastisch. Dementsprechend wird dieser Algorithmus nicht in die weiteren Betrachtungen mit einbezogen. Die Darstellung der prozentualen Abweichung zu den im Vektorformat ermittelten Beträgen, zeigt die Qualität der Algorithmen für die Beispielobjekte. Für die Umfangsberechnung liefert der Algorithmus nach BORG (UR,B) die besten Ergebnisse. Es ist ersichtlich, daß die Werte der Flächenberechnung aus der Pixelanzahl (AR,P) insgesamt wenig von den Vektorbeträgen abweichen. Für kompaktere Objekte weist der Flächeninhalt AR,T eine geringere prozentuale Abweichung zur Vektorgraphik auf (Objekte 6, 7, 10, 11). Daraus läßt sich schlußfolgern, daß die Genauigkeit der Algorithmen von der entsprechenden Grundrißform eines Objektes abhängt. Die Analyse der Ergebnisse zeigt, daß der Umfang nach BORG und die Fläche aus der Pixelanzahl für die Herleitung der Formindizes am Beispiel der Waldobjekte geeignet ist.

Die Berechnungen von Um- und Inkreis (UR,U bzw. UR,E) wurden anhand einfacher simulierter Testobjekte überprüft. Sie lieferten graphisch und betragsmäßig richtige Ergebnisse.

für unterschiedliche Methoden zur Bestimmung des Umfangs. Hier bestätigt sich, daß der Algorithmus nach BORG den Resultaten aus der Vektorgraphik am nächsten kommt. Zudem läßt sich daraus ableiten, daß direkt berechnete Parameter weniger stabil sind als indirekt abgeleitete Größen.

Tab. 4 veranschaulicht die Ergebnisse der für die Waldobjekte berechneten Indizes. Ausgehend von der Gruppe der Indizes, die sich sowohl auf den Inkreis als auch auf den Umkreis beziehen, ergibt sich für CCI2 die Reihenfolge 4, 5, 11, 9, 1, 6, 3, 8, 10, 2 und 7 bei steigender Kompaktheit. Waldobjekt 7, 2, 10, 3 und 8 weisen eine relativ geringe Differenz auf. Die Objekte 6, 1, 9 werden als weniger kompakt ermittelt. Die Objekte 11, 5, 4 werden aufgrund ihrer langgestreckten Form als Lineament identifiziert. Die ebenfalls dieser Gruppe angehörenden Formindizes C4, SF3 und CCI1 bewerten nach der gleichen Reihenfolge wie CCI2. Die einzigen Ausnahmen stellen die Objekte 3, 8 und 10 bei SF3 dar. Die Veränderung der Reihenfolge wird durch die Berechnung der Differenz zwischen Um- und Inkreis bewirkt. Die Waldflächen 3 und 8 weisen größere Differenzen auf als 10, so daß sie höher bewertet werden.

Der Formindex SF2 bewertet die Waldobjekte in abweichender Reihenfolge vom CCI2. Unterschiede sind hier bei den Objekten: 1 und 9, 3 und 8 sowie 2 und 7 feststellbar. Hier wird die Rangfolge der Objekte getauscht. Grund dafür ist die eingeschränkte Betrachtungsweise des SF2, bei dem nur die Fläche des eingeschriebenen Kreises einbezogen wird.

Objekt-ID	U _v [m]	U _{R,T} [m]	U _{R,B} [m]	U _{R,T} - U _v [%]	U _{R,B} - U _v [%]	A _v [m ²]	A _{R,P} [m ²]	A _{R,T} [m ²]	A _{R,P} - A _v [%]	A _{R,T} - A _v [%]	U _{R,U} [m]	U _{R,E} [m]
1	376,4	417,8	368,3	11,00	-2,14	4.713,9	4.700,0	4.687,5	-0,29	-0,56	434,848	121,1
2	1.080,6	1262,8	1.106,7	16,86	2,41	68.414,8	68.375,0	68.362,5	-0,06	-0,08	1.314,5	714,7
3	312,2	360,7	316,7	15,54	1,44	5.829,8	5.825,0	5.812,5	-0,08	-0,30	368,1	162,0
4	418,2	512,6	420,0	22,59	0,44	4.222,8	4.225,0	4.212,5	0,05	-0,24	597,2	60,1
5	1.159,8	1.395,7	1.165,0	20,34	0,45	43.411,8	43.400,0	43.387,5	-0,03	-0,06	1.647,1	294,4
6	1.404,2	1.668,1	1.416,7	18,79	0,88	68.268,1	68.375,0	68.362,5	0,16	0,14	1.394,8	507,2
7	1.112,4	1.315,2	1.136,7	18,23	2,18	69.147,2	69.200,0	69.187,5	0,08	0,06	1.244,1	684,1
8	589,8	705,0	590,0	19,55	0,04	19.472,5	19.450,0	19.437,5	-0,12	-0,18	731,1	331,0
9	287,9	329,2	283,3	14,35	-1,59	2.484,1	2.475,0	2.462,5	-0,37	-0,87	339,5	94,2
10	925,8	1.095,7	943,3	18,36	1,90	47.240,0	47.250,0	47.237,5	0,02	-0,01	1.141,9	519,8
11	453,8	533,1	466,7	17,48	2,84	6.998,5	7.100,0	7.087,5	1,45	1,27	637,1	129,0

Tab. 2: Zusammenstellung der Primärdaten für die untersuchten Waldobjekte [verändert nach 16].

5.2 Vergleichende Analyse der Formindizes

Da vor allem bei der Berechnung des Umfangs relativ große Abweichungen in den Beträgen auftraten, soll deren Auswirkung auf einen sich auf den Umfang stützenden Formindex (C1) dargestellt werden. Tab. 3 enthält die Beträge von C1

SF1 und GSI vergeben den Objekten eine gleiche Reihenfolge. Die Rangfolge unterscheidet sich jedoch wesentlich von der anderer Indizes.

Objekte mit einem großen Umkreis und Umfang im Verhältnis zur Fläche werden besser bewertet (z.B. Objekt 6). Bei CR beeinflusst das Ver-

hältnis des kleinsten umschreibenden Kreises zur Objektfläche eine bessere Bewertung.

Objekt-ID	C _{1,V} (Vektor)	C _{1,B} (Borg)	C _{1,T} (Tomlin)
1	0,65	0,66	0,58
2	0,86	0,84	0,73
3	0,87	0,85	0,75
4	0,55	0,55	0,45
5	0,64	0,63	0,53
6	0,66	0,65	0,56
7	0,84	0,82	0,71
8	0,84	0,84	0,70
9	0,61	0,62	0,54
10	0,83	0,82	0,70
11	0,66	0,64	0,56

Tab. 3: Vergleich C1 für unterschiedliche Umfänge.

6. Diskussion und Ausblick

Mit der geometrischen Strukturanalyse ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Quantifizierung der Objektform gegeben. Die Bereitstellung von Formindizes soll eine Evaluierung der in der Landschaft vorkommenden Strukturen ermöglichen.

Für solche Untersuchungen ist es zunächst notwendig, Geoinformationen von den entsprechenden Gebieten zu gewinnen. Eine wichtige Datenquelle ist hierbei die Fernerkundung. Für die Ableitung von Formindizes besteht die Notwendigkeit, Primärparameter wie Umfang, Fläche, Umkreis und Inkreis bereitzustellen. Der vorliegende Beitrag zeigt einige der existierenden Algorithmen zur Ermittlung genannter Größen auf.

Desweiteren zeigen die Untersuchungen bezüglich der Formindizes, daß sich einige von ihnen z.T. sehr einseitig an bestimmten Eingangsparametern orientieren, so daß eine Über- oder Unterbewertung von Objekten erfolgt. Hinzu kommt ein gemeinsamer Nachteil aller aufgeführten Indizes. Dieser besteht darin, daß sie sich

auf den Grundriß eines Landschaftsobjektes beziehen, so daß aufgrund des Informationsverlustes z.T. deutliche Fehlinterpretationen möglich sind. Insbesondere in Gebieten großer Höhenunterschiede werden dann Landschaftsobjekte zu klein oder deformiert in den Analysen betrachtet. Somit erscheint es sinnvoll, die Landschaftsstrukturanalyse auf der Basis einer dreidimensionalen Betrachtungsweise durchzuführen [16].

Aus den aufgezeigten Analysen werden verschiedene methodische Problemfelder offensichtlich.

Bei der geometrischen Strukturanalyse von Landschaftsobjekten ist die Rasterstruktur der Daten zu berücksichtigen. Die Richtungsvarianz, die diesen Daten per se zugrunde liegt, wirkt sich bereits auf die Ermittlung der Primärparameter Umfang und Fläche aus, auf denen einige der vorgestellten Formindizes aufbauen.

Während die Flächenermittlung weitgehend korrekte Ergebnisse liefert, ist die Umfangsermittlung zum Teil stark fehlerbehaftet. Hier müssen die eingesetzten Algorithmen für die jeweilige Aufgabenstellung hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit kritisch hinterfragt werden.

Um die Fehler, die aus dem Rasterformat folgen, zu minimieren, ist es für bewertende Analysen sinnvoll Distanzen als Grundlage weiterer Berechnungen zu nutzen, da diese weitgehend fehlerfrei zurückgeliefert werden.

Literatur

- [1] Forman, R.T.T. (1996): Land Mosaics – The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] Forman, R.T.T. und Godron, M. (1986): Landscape Ecology. John Wiley & Sons, New York.

Objekt-ID	CR	SF ₁	GSI	SF ₂	C ₄	SF ₃	CCI ₁	CCI ₂
1	0,31	1,18	2,66	0,25	0,53	2,95	0,53	0,53
2	0,50	1,19	2,64	0,59	0,74	1,42	0,74	0,74
3	0,54	1,16	2,70	0,36	0,66	1,49	0,67	0,67
4	0,15	1,42	2,21	0,07	0,32	6,65	0,32	0,33
5	0,20	1,41	2,22	0,16	0,42	4,82	0,42	0,42
6	0,44	0,98	3,19	0,30	0,60	1,96	0,61	0,61
7	0,56	1,09	2,87	0,54	0,74	1,24	0,74	0,74
8	0,46	1,24	2,54	0,45	0,67	1,74	0,67	0,67
9	0,27	1,20	2,62	0,29	0,53	3,42	0,53	0,53
10	0,46	1,21	2,60	0,46	0,67	1,74	0,67	0,67
11	0,22	1,37	2,30	0,19	0,45	4,36	0,45	0,45

Tab. 4: 2D-Formindizes für die untersuchten Waldobjekte [nach 16]

- [3] Borg, E. und Fichtelmann, B. (1998): Vergleichende Analyse von Formindizes zur Charakterisierung von Landschaftsobjekten unter ökologischen Aspekten. ZPF 4/98, S.108–119.
- [4] Jedicke, E. (1994): Biotopverbund – Grundlagen und Maßnahmen einer neuen Naturschutzstrategie. Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart.
- [5] Odum, E.P. (1983): Grundlagen der Ökologie in 2 Bänden. Georg Thieme Verlag.
- [6] Cole, G.A. (1983): Textbook of Limnologie. C.V. Cosby Company, St. Louis, Missouri.
- [7] Lyon, J.G. (1983): Landsat – Derived Land-Cover Classifications for Locating Potential Kestrel Nesting Habitat. In Photogrammetry Engineering & Remote Sensing 49, S. 245–250.
- [8] Podolsky, R.H. (1990): Monitoring Biodiversity and Landscape Richness with Digital Earth Imagery. In: Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 28, S. 42–47.
- [9] Bosch, W. (1987): A procedure for quantifying the certain geomorphical features. Geographical Analysis 10. S. 241–247.
- [10] Stoddard, D.R. (1965): The shape of atolls. In Marine Geology 3, S. 369–383.
- [11] Davis, J.C. (1986): Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley & Sons, New York.
- [12] Bässmann, H. und Besslich, P.W. (1991): Bildverarbeitung AD-OCULOS. Springer Verlag, Heidelberg.
- [13] Tomlin, C.D. (1990): Geographic Information Systems and Cartographic Modeling. Prentice-Hall, Inc, New Jersey, S. 27–32.
- [14] Borg, E. (1999): Umfangsbestimmung in Rasterdaten. unveröffentlicht.
- [15] Meier, S. und Bethge, F. (1994): Schätzung von Linielängen und Flächen aus Vektordaten. In: GIS 4/94, S. 9–13.
- [16] Klisch, A. (1999): Diplomarbeit: Erzeugung von digitalen Geländemodellen anhand von Waldflächen mittels ARC/INFO und vergleichende Analyse von realer und Grundrißfläche für die Evaluierung bestehender sowie neuer Formindizes zur Charakterisierung von Landschaftsobjekten. Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachbereich Vermessungswesen

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Ing. Erik Borg: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V., Fernerkundungsstation Neustrelitz, Kalkhorstweg 53, D-17235 Neustrelitz (Erik.Borg@dlr.de)
 Dipl.-Ing. (FH) Anja Klisch: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V., Fernerkundungsstation Neustrelitz, Kalkhorstweg 53, D-17235 Neustrelitz (praktika@nz.dlr.de)



Ein Verfahren zur Bestimmung des Least Squares Halbkegels

Helmut Späth, Oldenburg

Zusammenfassung

Der Ausgleich im Sinne der kleinsten Quadrate von gemessenen Punkten mit einem Halbkegel kommt in der Koordinatenmesstechnik und beim Vermessen von Baumstämmen vor. Wir beschreiben hierfür ein Verfahren, das ähnlich auch für den Kreis, der Ellipse, die Kugel und den Zylinder entwickelt wurde. Über numerische Erfahrungen wird berichtet.

Abstract

Fitting measured data by a half cone in the least squares sense occurs within computational metrology and when measuring logs. We describe an algorithm that was similarly developed for the circle, the ellipse, the sphere, and the cylinder. Numerical experiences are reported.

1. Problemstellung

Seien Daten

$$x_i = (X_i, Y_i, Z_i) \quad (i = 1, \dots, m) \tag{1}$$

gemessen und mit einem Halbkegel auszugleichen. Wie bei der Kugel [2] und beim Zylinder [3] ist es zweckmäßig, von einer parametrischen Darstellung eines Halbkegels auszugehen. Eine solche ist für einen Halbkegel mit der Spitze im Ursprung und in Richtung der positiven z-Achse

$$x = urcost, y = ursint, z = u, \quad 0 \leq t \leq 2\pi, 0 \leq u < \infty, \tag{2}$$

wobei $r = \tan \alpha$ (unbekannter) Parameter und α der halbe Öffnungswinkel des Kegels ist. Da $0 < \tan \alpha < \frac{\pi}{2}$ für einen nichtentarteten Kegel erforderlich ist, muss $0 < r < \infty$ gelten. Soll die Spitze im (unbekannten) Punkt (a, b, c) liegen, so lautet die Darstellung

$$x = a + urcost, y = b + ursint, z = c + u \tag{3}$$

Einen Halbkegel in allgemeiner Lage erhält man, wenn man (3) in der (x, z) -Ebene mit $A(\beta)^{-1}$ und dann in der (y, z) -Ebene mit Ebene mit $B(\gamma)^{-1}$ dreht. (Eine Drehung in der (x, y) -Ebene ist wegen des Ansatzes nicht erforderlich.) Diese elementa-