Benutzerdefinierte Diagrammsignaturen in Karten

Konzepte, Formalisierung und Implementation

ABHANDLUNG zur Erlangung des Titels

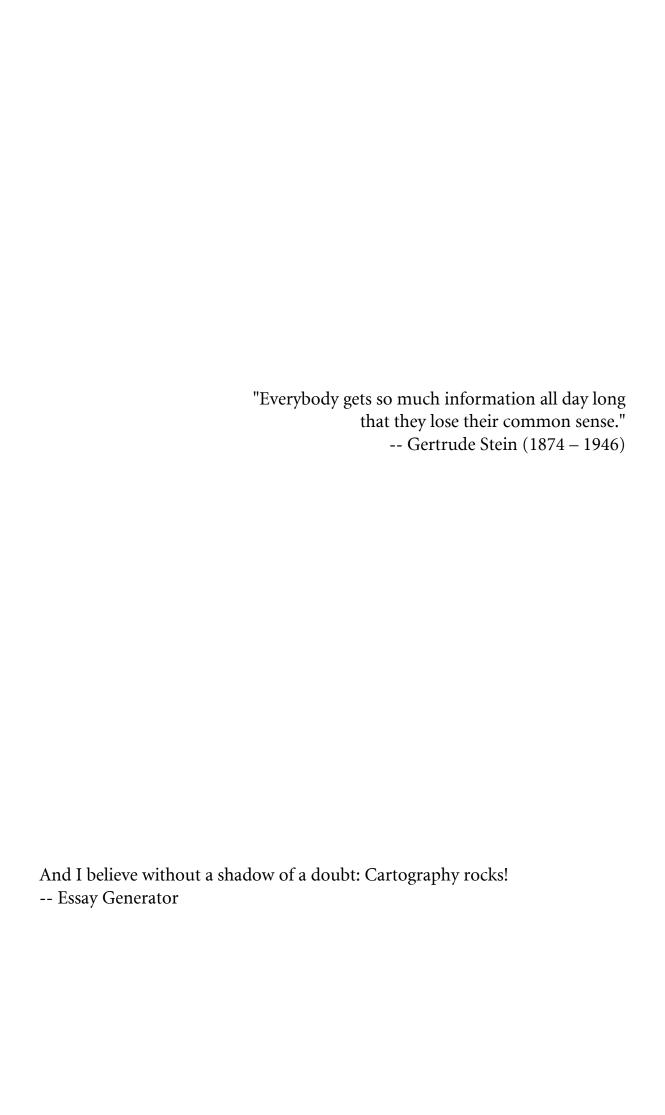
DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN der EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von OLAF SCHNABEL Dipl.-Ing. für Kartographie, TU Dresden

> geboren am 20. Mai 1977

> von Deutschland

Angenommen auf Antrag von Prof. Dr. Lorenz Hurni, Referent Prof. Dr. Wolf Günther Koch, Korreferent Dr. Hansruedi Bär, Korreferent



Vorwort und Danksagung

Diese Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als Assistent am Institut für Kartografie der ETH Zürich. Da ich parallel zur Dissertation einige Lehrveranstaltungen gestalten durfte, wurde ich "live" mit den Problemen der Studenten konfrontiert. Vielfach sassen Studenten in einer Gruppe um den Computer und versuchten verzweifelt, mit herkömmlichen Grafikprogrammen und GIS ihre Vorstellungen von Diagrammsignaturen in einer Karte umzusetzen. In den wenigsten Fällen hatten sie damit Erfolg. Oft scheiterten sie nicht nur an der Bedienung der grafischen Programmoberfläche, sondern auch an den fehlenden Signaturierungsmöglichkeiten dieser Programme. Im Endeffekt generierten sie immer wieder die gleichen Diagrammtypen, da nur diese vom Programm angeboten wurden. So entstand die Idee, auch eine fantasievollere Signaturierung möglich zu machen, ohne dabei kartografische Regeln zu verletzen.

Ohne die Unterstützung anderer Personen wäre diese Arbeit jedoch nie bis zum Ende geführt worden. Darum möchte ich folgenden Personen für ihre Unterstützung danken:

- Prof. Dr. Lorenz Hurni für die Möglichkeit der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema sowie sein Vertrauen und seine Kritiken.
- Prof. Dr. Wolf Günther Koch für seine fachlichen Präzisierungen,
- Dr. Hansruedi Bär für seine konstruktiven Vorschläge, Kritiken und guten Ideen,
- Andreas Neumann für seine genialen Ideen, Tools und seine technische Schützenhilfe,
- Tobias Dahinden für seine Aufmunterungen und Fragen, die mir oft weiter geholfen haben,
- Peter Sykora, der mir manche fixe Idee wieder ausgeredet hat,
- allen anderen Institutsmitarbeitern, die mich moralisch aufgemuntert und mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben
- und natürlich meinen Eltern und meiner Freundin, ohne deren Zuspruch ich den Schritt ins Unbekannte vielleicht nicht gewagt hätte.

Zusammenfassung

Zusammenfassung

Diagrammsignaturen werden heute häufig in Karten eingesetzt, um einen Überblick über die Verteilung verschiedener, meist statistischer Daten zu erhalten und damit zur Entscheidungsfindung und Planung beizutragen. Seit der Einführung des Computers in die Kartografie haben sich diese Darstellungsformen jedoch nicht vermehrt, sondern eher auf einfach zu programmierende Signaturen wie grössengestufte Signaturen (Mengensignaturen) und einfache Diagramme (z. B. Kreissektorendiagramme und Balkendiagramme) beschränkt. Ziel dieser Arbeit ist es daher, einen Konstruktionsansatz zu finden, mit dem ein Grossteil der Diagrammsignaturen zur Darstellung statistischer Daten generiert werden kann.

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde eine Konstruktionstheorie für Diagrammsignaturen entwickelt. Dazu wurden 49 Diagrammsignaturen aus der kartografischen Literatur katalogisiert und auf ihre Eigenschaften (wie ihren grundlegenden Aufbau, ihre Konstruktions- und Darstellungseigenschaften) untersucht. Dabei konnten die folgenden drei Hypothesen bestätigt werden:

- 1. Die Diagrammsignaturen bestehen aus kartografischen Primitiven.
- 2. Diese kartografischen Primitiven können mit wenigen Anordnungsprinzipien arrangiert werden.
- 3. Die Grösse der kartografischen Primitiven ändert sich in Abhängigkeit von den Datenwerten. Diese Änderung folgt bestimmten Richtungen.

Aufgrund der Analyse der Diagrammsignaturen wurden zehn zweidimensionale kartografische Primitiven extrahiert: Punkt, Polylinie, Kurve, Ellipse, Kreis, Kreisring, Kreissektor, Kreisringsektor, Rechteck und regelmässiges Polygon. In einem nächsten Schritt wurden an Hand der Gemeinsamkeiten und Unterschiede hinsichtlich der Signaturkonstruktion sechs Anordnungsprinzipien dieser kartografischen Primitiven abgeleitet. Die Primitiven können zentriert, gitterförmig, linear, polar, senkrecht oder nach dem Dreiecksprinzip angeordnet werden. Zusätzlich wurden die zwei Skalierungsrichtungen für jede kartografische Primitive definiert. Mit diesen drei Eigenschaften kann jede Diagrammsignaturkonstruktion eindeutig beschrieben werden. Weitere

Signatureigenschaften wie die Transformationsparameter der Gesamtsignatur (z. B. Rotationen), Hilfskonstruktionen und Beschriftungsparameter sowie die grafischen Eigenschaften wurden in den Konstruktionsansatz integriert.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde die XML-basierte Diagrammsignaturbeschreibung DiaML (Diagram Markup Language) ausgearbeitet, mit der die entwickelte Konstruktionstheorie umgesetzt wurde. Mit dieser flexiblen, erweiterbaren und programmunabhängigen Beschreibungssprache können die nutzerdefinierten Diagrammsignaturen über ihre kartografischen Primitiven und Anordnungsprinzipien genau festgelegt werden. Die Definitionen der Primitiven und grafischen Eigenschaften wurden innerhalb der Beschreibung getrennt, um möglichst flexibel zu bleiben.

In einem dritten Teil wurde ein Prototyp namens Map Symbol Brewer programmiert, mit dem sich die Konstruktionstheorie auf ihre praktische Nutzbarkeit überprüfen liess. Dazu wurden der Vektorgrafikstandard SVG sowie die Skriptsprachen PHP und ECMAScript genutzt. In wenigen Schritten und über einfache Menüs können mit Hilfe von Standard-Eingabeelementen (z. B. Buttons) eigene statistische Daten in Text- oder XML-Form importiert, die Diagrammsignaturen festgelegt und eine SVG-Karte sowie die DiaML-Beschreibung exportiert werden. Über ein Vorschaufenster werden die in jedem Schritt festgelegten Änderungen angezeigt.

Auch in Zukunft wird ein erhöhter Bedarf an statistischen Daten in Kartenform bestehen. Diese Arbeit leistet einen Beitrag zur vereinfachten und systematischen Konstruktion von Diagrammsignaturen. Damit soll in digitalen und speziell in Internetkarten die Vielfalt an kartografischen Ausdrucksmöglichkeiten gefördert werden.

Zusammenfassung V

Summary

Today, thematic map symbols such as charts and proportional symbols are often used in maps to show the spatial distribution of statistical data. Therefore, they are very helpful for planning purposes and decision-making. Since the introduction of computers, the number of cartographic representation types are surprisingly decreasing in cartography. In digital cartography, only few easy-to-program symbols such as proportional symbols and pie charts are used to portray statistical data. Thus, the aim of this thesis is to develop a new map symbol construction theory to efficiently and easily create complex user-defined map symbols for digital maps.

In the first part of the thesis 49 map symbols from cartographic literature were examined concerning their properties, e.g. their appearance and data representation. As a result of the analysis the following three hypotheses were confirmed:

- 1. The analyzed map symbols consist of cartographic primitives.
- 2. The cartographic primitives can be arranged with few arrangement principles.
- 3. The size of the cartographic primitives changes depending on the data. This change follows a certain direction.

Also, a total of ten two-dimensional cartographic primitives were found: point, polyline, curve, ellipse, circle, pie sector, ring, ring sector, rectangle (bar), and regular polygon. Furthermore, six arrangement principles were derived from similarities and differences regarding the structure of the symbols. With these principles the cartographic primitives could be arranged either centered, as a grid, linear, polar, perpendicular, or triangular. Additionally, each cartographic primitive could be scaled in one or two directions depending on the data values. With these three properties each map symbol can be unambiguously constructed. Additional map symbol properties like transformation parameters (e.g. rotations), guides and labels as well as graphical properties (appearance of the primitives) were integrated in the new construction theory.

In the next part of the thesis a new XML based Diagram Markup Language (DiaML), a map symbol description, was established to realize the construction theory. DiaML is a flexible, extensible and browser and platform independent language to describe user-defined map symbols based on the above mentioned theory. The definitions of the cartographic primitives and the graphical symbol properties were separated from the symbol description in order to allow a high flexibility in the symbol construction.

In the third part of the thesis a prototype called "Map Symbol Brewer" was developed to demonstrate the theory and apply all of the previously described principles. The prototype is based on the web standard SVG and was entirely written in ECMAScript and PHP. With a few steps and the help of standard form elements such as buttons, the user can import his own statistical data as text or XML and create his own map symbol (e.g. a diagram). Based on the user's settings a SVG map with these map symbols is created and shown in a preview area of the prototype. The result can be exported as DiaML description or as SVG map.

In the future the need for visualizations of statistical data in maps will increase. Therefore, this thesis is a contribution towards an easy, user-defined and systematic construction of map symbols. Especially in digital and web maps it allows an improvement of the variety of cartographic representation types.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

V	orwort und Danksagung	I
Zι	ısammenfassung	III
Su	immary	V
In	haltsverzeichnis	VII
Ve	erzeichnisse	XII
	Abbildungsverzeichnis	XII
	Tabellenverzeichnis	XIV
	Tafelverzeichnis	XV
1	Einführung	1
	1.1 Problemstellung	2
	1.2 Zielsetzung	4
	1.3 Positionierung und Relevanz der Arbeit	5
	1.4 Aufbau der Arbeit	7
2	Grundlagen	9
	2.1 Thematische Daten	9
	2.1.1 Qualitative Daten	9
	2.1.2 Quantitative Daten	10
	2.1.3 Multidimensionalität quantitativer Daten	12
	2.1.4 Generalisierung quantitativer Daten	13
	2.2 Signaturen zur Darstellung thematischer Daten	14
	2.2.1 Begriffsdefinitionen	
	2.2.2 Konstruktiver Aufbau von Signaturen	15
	2.2.2.1 Aufbau aus geometrischer Sicht	
	2.2.2.2 Aufbau aus grafischer Sicht	16
	2.2.2.3 Aufbau aus kartografischer Sicht	16
	2.2.3 Perzeptive und semiotische Signatureigenschaften	16
	2.2.4 Grafische Signatureigenschaften	19
	2.2.5 Beurteilung der grafischen Signatureigenschaften	25
	2.2.5.1 Beurteilung einzelner grafischer Signatureigen-	
	schaften	2.5

	2.2.5.2 Beurteilung kombinierter grafischer Signaturei-	27
	genschaften	27
	2.2.6 Anwendung der Signatureigenschaften	30
	2.2.6.1 Signaturmassstab	30
	2.2.6.2 Minimaldimensionen und grafische Generalisie-	33
	rung	33
	2.2.6.3 Platzierung von Diagrammsignaturen	34 34
	2.2.6.4 Interaktionen	
	2.3 Diagrammsignaturgliederungen	36
	2.3.1 Taxonomie nach Bertin	36
	2.3.2 Taxonomie nach Imhof	37
	2.3.3 Taxonomie nach Witt	39
	2.3.4 Taxonomie nach Arnberger	41 42
	2.3.6 Taxonomie nach Hake/Grünreich/Meng	43
	2.3.7 Taxonomie nach Keller	46 46
	_ 10.10	
	2.3.9 Taxonomie nach White	48
	2.3.10 Taxonomie nach Bounford	48
	2.3.11 Taxonomie nach Tyner	49
	2.3.12 Fazit	50 50
	2.3.13 Namensgebung	50 51
	2.4 Bestehende Ansätze der Signaturkonstruktion	51 51
	2.4.1 Theoretische Konstruktionsansätze	51
	2.4.1.1 Konstruktionstheorie von Bertin	52 54
	2.4.1.2 Konstruktionstheorie von Wilkinson	54
	2.4.2 Praktische Umsetzungen	55 56
	2.4.2.1 Signaturkonstruktion mittels Signaturbibliotheken	56
	2.4.2.2 Signaturkonstruktion mittels Skripten	57
	2.4.2.3 Signaturkonstruktion mittels Beschreibungsspra-	50
	chen	59
3	Analyse der Diagrammsignaturen	65
	3.1 Fragestellungen	66
	3.2 Auswertung	67
	3.2.1 Auswertung hinsichtlich der Datentypen	68
	3.2.2 Auswertung hinsichtlich der kartografischen Primitiven	68

Inhaltsverzeichnis IX

	scher Primitiven	68
	3.2.4 Auswertung hinsichtlich der grafischen Variablen	69
	3.2.4.1 Auswertung hinsichtlich der grafischen Variablen	U)
		69
	Farbe	U)
		71
	Grösse	
	3.2.5 Auswertung hinsichtlich der Hilfskonstruktionen	71
	3.3 Wahrnehmungs- und grafische Probleme bei der Signatur-	70
	konstruktion	72
	3.3.1 Ableseprobleme aufgrund falscher Hilfskonstruktionen	72
	3.3.2 Darstellungsprobleme kontinuierlicher Daten	73
	3.3.3 Konstruktionsprobleme bei Kreisringen	73
	3.3.4 Wahrnehmungsprobleme bei Kreisringen und Kreisring-	
	sektoren	73
	3.3.5 Wahrnehmungsprobleme bei gebogenen Stäben	74
	3.3.6 Wahrnehmungsprobleme bei Kurven- und Ellipsendia-	
	grammen	75
	3.3.7 Wahrnehmungsprobleme bei unterteilten Kurvendia-	
	grammen	75
	3.3.8 Konstruktionsprobleme bei Kurvendiagrammen	76
	3.3.9 Konstruktionsprobleme bei Kreissektorendiagrammen	76
	3.3.10 Wahrnehmungsprobleme bei bildhaften Signaturen	77
	3.3.11 Wahrnehmungsprobleme bei Signaturen zur Darstellung	
	vieler Mengenwerte	77
	3.3.12 Wahrnehmungsprobleme aufgrund unnötiger Hilfs-	
	konstruktionen	78
	3.3.13 Weitere Wahrnehmungstäuschungen	78
4	Konstruktionstheorie für benutzerdefinierte Diagrammsignatu-	
4	ren in Karten	79
		80
	4.1 Kartografische Primitiven	80
	č	80
	4.1.2 Eigenschaften der kartografischen Primitiven	
	Y	83
	4.2.1 Übersicht über die Anordnungsprinzipien	83
	4.2.2 Eigenschaften der Anordnungsprinzipien	85

	4.2.3 Kombinationen kartografischer Primitiven mit Anord-	0.77
	nungsprinzipien	87
	4.3 Skalierungsrichtungen und Proportionalität kartografischer	90
	Primitiven	
	4.4 Hilfskonstruktionen und Beschriftung	
	4.5 Transformation der Diagrammsignatur	
	4.6 Grafische Eigenschaften	
	4.7 Beispielhafte Anwendung der Konstruktionstheorie	92
	4.8 Taxonomie der Diagrammsignaturen nach Konstruktions-	0.2
	gesichtspunkten	93
5	Formalisierung der Konstruktionstheorie mit DiaML (Diagram	
	Markup Language)	95
	5.1 Inhalte von DiaML	
	5.1.1 Kartografische Primitiven	
	5.1.2 Skalierung der Primitiven anhand der Daten	96
	5.1.3 Grafische Eigenschaften der Primitiven	
	5.1.4 Anordnungsprinzipien	101
	5.1.5 Hilfskonstruktionen und Beschriftung	102
	5.1.6 Transformation der gesamten Signatur (Figurenmass-	
	stab)	103
	5.2 Formalisierung von DiaML	104
6	Map Symbol Brewer: Anwendung von Konstruktionstheorie und	
	DiaML	111
	6.1 Ziel und Zielpublikum	112
	6.2 Abgrenzung und Anwendungsgebiete	113
	6.3 Daten	
	6.4 Funktionalität und Technik	114
	6.4.1 Upload und Import	116
	6.4.2 Generierung	118
	6.4.3 Support	
	6.4.4 Export	
	6.5 Arbeitsablauf	
	6.5.1 Allgemeiner Arbeitsablauf	
	6.5.2 Detaillierter Arbeitsablauf	
	6.6 Layout	
	6.7 Technische Einschränkungen	

Inhaltsverzeichnis XI

7	Disk	cussion	und Ausblick	129
	7.1	Disku	ssion und Bewertung der Theorie	129
	7.2	Disku	ssion und Bewertung der Diagrammsignaturbeschrei-	
		bung l	DiaML	130
	7.3	Disku	ssion und Bewertung des Prototyps "Map Symbol	
			r"	131
	7.4			133
Re	feren	zen		135
Lel	oensl	auf		151
۸n	hang	•		153
ДII	·		Doutscho und anglische Signaturhageichnungen aus	133
	AIIII	ang i	Deutsche und englische Signaturbezeichnungen aus der Fachliteratur	155
	۸nh	ana II		133
	AIIII	ang m	Übersicht potentieller, mit Map Symbol Brewer kons-	163
	۸nh	ana III	truierbarer Signaturen	103
	AIIII	ang m	XMGrace-Beispielcode eines gruppierten Stabdia-	165
	1 m h	a n ~ I V/	gramms Dia MI (Diagram Markum Languaga) Sahama Dafini	103
	AllII	ang iv	DiaML (Diagram Markup Language) Schema Defini-	165
	۸ l-	~ \ \	tion	165
		_	Inhalt der CD-ROM	165
	Ann	ang VI	Übersicht der analysierten Signaturen und ihrer Ei-	1.7
			genschaften	16/

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abb.	1-1:	Anteile der Signaturen in acht analogen Atlanten nach	
		Mersey (1996)	3
Abb.	2-1:	Darstellung qualitativer Daten (Truran 1975)	10
Abb.	2-2:	Darstellung quantitativer Daten (Hake et al. 2002)	1
Abb.	2-3:	Schema der Skalenniveaus und ihre möglichen Trans-	
		formationen	12
Abb.	2-4:	Multidimensionalität quantitativer Daten	12
Abb.	2-5:	Generalisierung quantitativer Daten	1.
Abb.	2-6:	Geometrische Primitiven von Signaturen	1.
Abb.	2-7:	Welche Konstruktionseigenschaft zeigt den Mengen-	
		wert an?	18
Abb.	2-8:	Farbsättigung	23
Abb.	2-9:	Verstärkung der Aussagekraft durch Kombination von	
		Grösse und Helligkeit	2
Abb.	2-10:	Kombination von Grösse und Farbton	2
Abb.	2-11:	Kombination von Grösse und Muster	2
Abb.	2-12:	Kombination von Grösse und Orientierung	29
Abb.	2-13:	Kombination von Grösse und Form	2
Abb.	2-14:	Signaturmassstäbe nach Arnberger (1977)	3
Abb.	2-15:	Generalisierung von Diagrammsignaturen	3.
Abb.	2-16:	Zusammensetzungs- vs. Unterteilungsprinzip	5
Abb.	2-17:	Beispiele für die Diagrammkonstruktion nach Bertin	
		(1974)	5.
Abb.	2-18:	Aufbau eines Diagramms nach Wilkinson (1999)	5.
Abb.	3-1:	Zuweisung von Farben in Diagrammsignaturen	7
Abb.	3-2:	Ableseprobleme aufgrund falscher Hilfskonstruktion	72
Abb.	3-3:	Konstruktionsprobleme bei Kreisringen	7.
		Wahrnehmungsprobleme bei Kreisringen und Kreisring-	
		sektoren	7
Abb.	3-5:	Wahrnehmungsprobleme bei gebogenen Stäben	7
		Wahrnehmungsprobleme bei einfachen Kurvendia-	
		grammen (links: Imhof 1972)	7

Verzeichnisse

Abb.	3-7:	Wahrnehmung mehrteiliger und unterteilter Kurven-	7.0
1 L L	2 0.	diagramme (Harris 1999)	76
Abb.		Konstruktionsprobleme bei Kurvendiagrammen	76
		Wahrnehmungsprobleme bei Kreissektorendiagrammen	77
ADD.	3-10:	Wahrnehmungsprobleme bei Signaturen zur Darstellung	70
A 1 1	2 11	vieler Mengenwerte	78
		Titchener'sche Vergleichstäuschung	78
		Hierarchie der kartografischen Primitiven	80
		Sieben kartografische Primitiven und ihre Eigenschaften	82
Abb.	4-3:	Drei weitere kartografische Primitiven und ihre Eigen-	0.0
. 1 1		schaften	82
Abb.	4-4:	Anordnungsprinzipien für Signaturen zur Darstellung	0.0
. 1 1		eines Mengenwertes	83
Abb.	4-5:	Anordnungsprinzipien für Signaturen zur Darstellung	0
. 1 1		mehrerer Mengenwerte	84
Abb.	4-6:	Anordnung von Stäben zu einem bipolaren Stabdia-	o -
		gramm	85
Abb.		Eigenschaften des linearen Anordnungsprinzips	86
Abb.		Eigenschaften des polaren Anordnungsprinzips	87
Abb.		Ungewöhnliche und schlechter lesbare Kombinationen	88
		Skalierungsrichtungen kartografischer Primitiven	89
		Konstruktion eines polaren Stabdiagramms	93
		Radiusberechnung bei gebogenen Stäben	98
Abb.	5-2:	Skalierung bei zentrierten Diagrammsignaturen mit	
		zwei Primitiven	99
Abb.	5-3:	Skalierung bei linear angeordneten Signaturen mit zwei	
		skalierbaren Eigenschaften	99
Abb.	5-4:	Struktur von DiaML für einfache Signaturen (links) und	
		Diagramme (rechts)	105
Abb.	5-5:	Bipolares Stabdiagramm mit falscher Reihenfolge der	
		Daten	108
Abb.	5-6:	Datenreihenfolge für ein richtig angeordnetes bipolares	
		Stabdiagramm	108
Abb.	5-7:	Datenreihenfolge für ein unterteiltes bipolares Stabdia-	
		gramm	109
Abb.	6-1:	Benötigte Koordinaten der linken oberen und rechten	
		unteren Ecke	117
Abb.	6-2:	Ablaufschema des Map Symbol Brewers	120

Abb. 6-3:	Nach dem Upload generierte Dateien	121
Abb. 6-4:	Generierte Signaturen nach Auswahl der Primitive	122
Abb. 6-5:	Generierte Signaturen nach Auswahl des Anordnungs-	
	prinzips	123
Abb. 6-6:	Generierte Signaturen nach Auswahl der Farben	123
Abb. 6-7:	Upload-Dialog des Map Symbol Brewers	125
	Layout des Map Symbol Brewers	125
	Hauptmenü des Map Symbol Brewers	126
	: Tabs im Eingabemenü	126
	: Map Symbol Brewer Export	126
	Darstellungsmöglichkeiten der 2D-Diagrammsignaturen	
	im 3D-Raum	130
Abb. 7-2:	Änderung des senkrechten Anordnungsprinzips im 3D-	
	Raum	130
rr 1 11	• 1	
Labelle	nverzeichnis	
Tab. 2-1:	Grafische Variablen für punkthafte Abbildungen nach	
140. 2-1.	Bertin (1974)	20
Tab. 2-2:	Weitere vorgeschlagene grafische Variablen für Bild-	20
1 au. 2-2.	schirmkarten	22
Tab. 2-3:		24
Tab. 2-3:	Eignung der Variablenkombination für die Darstellung	24
1 au. 2-4.		29
Tab. 2-5:	quantitativer Daten Eignung der Signaturtypen für die Datendarstellung nach	29
1 ab. 2-3.		31
Tab 2 6.	Kraak/Ormeling (1996)	31
Tab. 2-6:	Eignung der Signaturtypen für die Datendarstellung nach	22
Tab 2.7.	Spiess (1983)	32
Tab. 2-7:		22
T-l- 4 1	nach Grosser (2002)	32
Tab. 4-1:	Kombinationen kartografischer Primitiven mit Anord-	0.0
T 1 4 2	nungsprinzipien	88
Tab. 4-2:	σ	90
Tab. 4-3:		00
m 1	dung	90
Tab. 6-1:	Getestete Plattform- und Browserkombinationen	127

Verzeichnisse XV

		1	•
Tate	lverzei	ch	nıs

Tafel 2-1:	Taxonomie der Signaturen nach Bertin (1974)	36
Tafel 2-2:	Taxonomie der Signaturen nach Imhof (1972)	38
Tafel 2-3:	Taxonomie der Signaturen nach Witt (1967)	40
Tafel 2-4:	Taxonomie der Signaturen nach Arnberger (1977)	41
Tafel 2-5:	Taxonomie der Diagramme nach Schröder (1985)	43
Tafel 2-6:	Taxonomie der Darstellungsmöglichkeiten in Karten	
	nach Hake et al. (2002)	45
Tafel 2-7:	Taxonomie der Diagramme nach Keller (1989)	45
	Taxonomie der Darstellungsmöglichkeiten in Karten	
	nach Truran (1975)	47
Tafel 2-9:	Taxonomie der Signaturen nach White (1984)	48
Tafel 2-10:	: Taxonomie der Signaturen nach Bounford (2000)	48
Tafel 2-11:	: Taxonomie der Signaturen nach Tyner (1992)	49
Tafel 2-12:	: Auszüge aus einer Signaturbibliothek nach Hutzler	
	(2006)	57
Tafel 2-13:	: Beispiel eines Skripts nach Bär (2003)	58
Tafel 2-14:	: Beispiel einer Beschreibung für Kreissektorendiagram-	
	me in CartoML	60
Tafel 2-15:	: Beispiel einer Signaturierung in SLD nach	
	SLD (2002, S. 7)	61
Tafel 2-16:	: Beispiel einer Signaturierung in XMGrace	63
Tafel 4-1:	Taxonomie der Diagrammsignaturen nach Konstruk-	
	tionsgesichtspunkten	94
Tafel 5-1:	Beziehungsmodell zwischen Daten-, Primitiven- und	
	Stilreferenzen	106
Tafel 5-2:	Beispiel-Relationen in einem bipolaren Stabdiagramm	107

Einführung 1

1 Einführung

Ende des 18. Jahrhunderts wurden erstmals statistische Daten in Kartenform dargestellt¹. Auch über 200 Jahre später ist diese Kartendarstellung immer noch aktuell, weil die statistischen Daten durch ihren räumlichen Bezug an Aussagekraft und Anschaulichkeit gewinnen.

"The importance of the visual portrayal of geographic data cannot be overemphasized. The skill that goes into portraying data (whether it be geographic or tabular) is what transforms raw information into an explanatory or decision-support tool." (*SLD 2002*, *S. IX*). Dieses Zitat unterstreicht, dass die Transformation der statistischen "Rohdaten" in signaturierte (in Kartengrafik umgesetzte) Daten deshalb von entscheidender Bedeutung ist, weil Zusammenhänge zwischen Phänomenen verständlicher dargestellt und ein schneller Überblick über die Gesamtheit der Daten gewährt werden kann. Daher werden statistische Karten auch heute noch zur Planung und Entscheidungsfindung eingesetzt.

Prinzipiell können alle Daten kartografisch dargestellt werden, wenn ein räumlicher Bezug vorhanden und die Daten quantitativ oder qualitativ unterschieden werden können. Wie sie jedoch dargestellt werden, richtet sich nach den kartografischen Visualisierungsregeln (siehe Objekt-Zeichen-Referenzierung nach *Tainz 2002a*). Die Darstellungsformen für statistische Daten in Karten haben sich seit dem 18. Jahrhundert vervielfacht (z. B. durch William Playfairs Erfindung der Kreissektoren- oder Balkendiagramme, siehe *Wikipedia 2006d*). Erstaunlicherweise haben sich mit der Einführung der Computer in die Kartografie diese Darstellungsformen jedoch nicht vermehrt, sondern eher auf einfach zu programmierende Signaturen beschränkt. Üblicherweise werden heute in Bildschirmkarten Choroplethen und einfache Diagrammsignaturen wie wertproportionale Signaturen (Mengensignaturen), Kreissektorendiagramme und Balkendiagramme zur Visualisierung der statistischen Daten verwendet.

¹ 1782 "Productenkarte von Europa" von A.F.W. Crome aus Deutschland, aus *Harms 1991* bzw. *Friendly/Denis 2005a*

Diese Darstellungsformen können mittlerweile halbautomatisch und interaktiv mit Grafikprogrammen, speziellen Kartierungsprogrammen und Geografischen Informationssystemen (GIS) generiert werden. In letzter Zeit werden sogar vermehrt Konzepte und Lösungen für eine automatische Visualisierung statistischer Daten gesucht². Diese weisen jedoch Limitierungen auf, da das Programm einerseits mit Hilfe von Metadaten automatisch den Sinn und die Aussage eines Themas erkennen muss, um eine für dieses Thema sinnvolle Signatur zu wählen (Kottenstein 1992, S. 23 bzw. Andrienko/Andrienko 2006). Und andererseits werden die entsprechenden Konstruktionstheorien und flexible Werkzeuge benötigt, um überhaupt die ausgewählte sinnvolle Signatur konstruieren zu können. Die erste Voraussetzung kann zur Zeit aufgrund der Vielfalt der möglichen zu visualisierenden Themen noch nicht umgesetzt werden. Die Konstruktionstheorien und Werkzeuge können jedoch auch heute schon entwickelt werden.

1.1 Problemstellung

Heutige Kartenerstellungsprogramme (GIS, Vektorgrafikprogramme, Kartenkonstruktionsprogramme) besitzen nur eingeschränkte Möglichkeiten zur Visualisierung von statistischen Daten. Um diese Diskrepanz zwischen dem Signaturenreichtum der früheren, analog hergestellten Karten und den Möglichkeiten der heutigen, digitalen Kartenerstellungsprogramme zu dokumentieren, untersuchte *Mersey* (1996) acht analoge Atlanten hinsichtlich ihrer Signaturierung quantitativer Daten. Es wurden insgesamt zehn Darstellungstypen in den Atlanten genutzt. Der Anteil wertproportionaler Signaturen lag mit 36 Prozent am höchsten, gefolgt von Choroplethen (24 Prozent) und Isarithmen (12 Prozent). Von den wertproportionalen Punktsignaturen wurden wiederum 61 Prozent einfache Signaturen wie Kreise, Quadrate und Stäbe genutzt (Abb. 1-1). Ein Grund dafür liegt sicherlich in der einfachen Erstellbarkeit und Lesbarkeit solcher Signaturen. Mersey untersuchte daraufhin 13 thematische Kartografie- und GIS-Programme auf ihre Signaturierungsmöglichkeiten. Nur neun dieser Programme konnten überhaupt proportionale Punkt-

z. B. Brunner-Friedrich/Stadler 2006 für wertproportionale Signaturen, Gao 1999 für eine automatische Diagrammgenerierung ohne Geobezug, Roth/Mattis 1990 bzw. Roth et al. 1995 mit dem Projekt SAGE ebenso für eine rudimentäre automatische Diagrammgenerierung ohne Geobezug

Einführung 3

signaturen und nur sechs einfache Kreissektorendiagramme darstellen. Andere wertproportionale Punktsignaturformen wurden nur von den wenigsten Programmen angeboten.

proportional symbol methods i	in %
circles	40,95
squares	11,95
bars	8,08
sectored circles	17,75
divided squares	2,28
divided bars	5,98
graphs as point symbols	3,34
other (e.g. pictorial)	5.80
volumetric point symbols	3,87

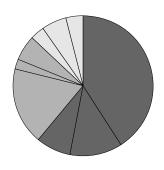


Abb. 1-1: Anteile der Signaturen in acht analogen Atlanten nach Mersey (1996)

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Prado et al. (2000). Sie untersuchten und klassifizierten 161 Kartenzeichen aus der kartografischen Literatur und 143 Kartenzeichen aus drei GIS-Programmen hinsichtlich ihrer Semantik. Das Resultat der Untersuchung ist eindeutig: In der kartografischen Literatur kommen nur 34 Prozent einfache Punktsignaturen vor, im Gegensatz zu 75 Prozent in den GIS-Programmen. Arnold (2003) schreibt zu diesem Thema: "Weiterhin wurde festgestellt, dass die Möglichkeiten der kartographischen Darstellung von dynamisch erzeugten Diagrammfiguren sehr abhängig von der verwendeten Software sind. Eine [...] Erstellung von kartographischen Symbolen zur Laufzeit des Programms³ ist teilweise nur umständlich zu realisieren" (Arnold 2003, S. 72). Damit zeigt er die Problematik auf, dass heutige Programme nicht nur eine eingeschränkte Signaturierung besitzen, sondern ihnen zusätzlich auch die Flexibilität bzw. die Möglichkeiten zur Generierung neuer Signaturen fehlen. Somit ist die Wahl der Diagrammsignatur durch den Kartenautor auf vom Programm vorgegebene Signaturen beschränkt, was unter Umständen zu einer schlechteren Vermittlung der Kartenaussage und dadurch einer Fehlinterpretation des Kartenthemas durch den Kartennutzer führen kann.

Gründe dafür sind einerseits der einfachere bzw. komplexere Programmierungsaufwand, aber auch eine fehlende Analyse und Systematik kartografischer Darstellungsmöglichkeiten. So fordert auch Wilkinson (1999) in seinem

³ gemeint sind vordefinierte Signaturbibliotheken in Macromedia Flash

Buch "Grammar of Graphics" sinngemäss: Es gibt so viele Diagramme (Kreissektorendiagramme, Liniendiagramme, Balkendiagramme, ...), die immer als separate Visualisierungen angesehen und in eine Diagramm-Typologie eingeordnet werden. Dabei ist im Prinzip ein Kreissektorendiagramm nichts anderes als eine unterteilte Säule in Polarkoordinaten. Um ein neues Diagramm in unser System oder Programm einzuordnen, muss sehr viel neuer Code geschrieben werden. Eleganter wäre ein Überdenken der Theorie der Grafik, nicht der Diagramme (Wilkinson 1999, S. 2). Besonders in den neueren Programmen wird ein Katalog von Diagrammen aufgerufen, die bei bestimmten Nutzergruppen am Beliebtesten sind. Das ist auch einfach zu evaluieren und zu analysieren. Viel schwerer ist es zu verstehen, was die Nutzer mit ihren Daten machen, wenn sie eine neue Grafik erstellen. Anstatt dort anzusetzen und zu forschen, müssen die Nutzer starre Schemata abarbeiten und können nur zwischen wenigen ausgesuchten Diagrammtypen wählen (Wilkinson 1999, S. 2). Es muss also eine sehr anpassungsfähige Konstruktionstheorie für Diagrammsignaturen zur Visualisierung statistischer Daten entwickelt werden, die eine flexible Verwendung der Diagrammsignaturen erlaubt.

Erschwerend kommt hinzu, dass nur wenige Programme statistische Daten in Internetkarten darstellen können. Mit den bisherigen Programmen ist die Generierung von thematischen Internetkarten entweder gar nicht, oder nur mit viel Zeit-, Kosten- und Arbeitsaufwand und zudem mit unbefriedigendem Ergebnis möglich. Dabei werden immer wieder Signaturbibliotheken für die verschiedensten Programme erstellt, die untereinander nicht kompatibel sind. So wird der gleiche Signaturtyp wieder und wieder in genau der gleichen Weise programmiert, ohne dass jemals ein einfacherer, flexiblerer Ansatz gesucht wird. Ohne einen solchen Ansatz ist eine zukünftige automatische Signaturierung nicht denkbar.

1.2 Zielsetzung

Das Hauptziel dieser Arbeit ist es, eine Konstruktionstheorie zu entwickeln, mit der beliebige Diagrammsignaturen zur Darstellung statistischer Daten generiert werden können. Damit soll ein Beitrag für eine grössere Vielfalt an Diagrammsignaturen in digitalen Karten geleistet und somit eine verbesserte Vermittlung der Kartenaussage erreicht werden. Dazu sind die Diagrammsignaturen aus der kartografischen Literatur auf ihre Eigenschaften (wie ihren

Einführung 5

grundlegenden Aufbau, ihre Konstruktions- und Darstellungseigenschaften) zu untersuchen. Von diesen sollen in einem nächsten Schritt Gemeinsamkeiten und Unterschiede abgeleitet und zu Prinzipien zusammengefasst werden. Aus diesen Prinzipien ist eine Konstruktionstheorie für Diagrammsignaturen zu entwickeln. Die Theorie soll dann in eine Diagrammsignaturbeschreibung umgesetzt werden. In einem weiteren Schritt muss die Theorie auf ihre praktische Nutzbarkeit überprüft werden. Dazu ist ein Prototyp zu programmieren, der komplexe, benutzerdefinierte Diagrammsignaturen möglichst einfach, flexibel und programmunabhängig erzeugen kann. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung einer Taxonomie (Klassifikation) der Diagrammsignaturen für die Darstellung statistischer Daten.

1.3 Positionierung und Relevanz der Arbeit

Bisherige Untersuchungen zur Visualisierung statistischer Daten (Cecconi 1999, Arnold 2003, Andrienko/Andrienko 2006) beschränkten sich meist auf Choroplethenkarten sowie einfache Diagrammtypen und gingen immer nur von vorgegebenen statistischen Daten und Karten aus. Auch grafische Eigenschaften der Diagrammsignaturen werden recht häufig in der Literatur erwähnt (Bertin 1974, MacEachren 1994). Jedoch gibt es bislang kaum Arbeiten, die sich mit der Konstruktion von Diagrammsignaturen beschäftigen. Ausnahmen sind Bertin (1974) und Wilkinson (1999), die beide anhand weniger beispielhafter Diagramme Ansätze zur Konstruktion der Diagrammsignaturen aufzeigen. Bertin beschreibt in seinem Buch nur die analoge Konstruktion von Diagrammsignaturen, weil digitale Techniken zu jener Zeit noch nicht gebräuchlich waren. Die analogen Konstruktionsmethoden können jedoch nicht 1:1 für digitale Konstruktionen übernommen werden. Wilkinson geht nur in wenigen Beispielen auf Diagrammsignaturen ein und beschäftigt sich hauptsächlich mit Diagrammen ohne Geobezug. Daher ist die vorliegende Arbeit sehr relevant für die Konstruktion von Diagrammsignaturen und auch für die thematische Kartografie, da die Signaturen in fast jeder thematischen Karte eingesetzt werden.

In vielen GIS-Programmen ist zum Beispiel die Darstellung der Bevölkerungszahl der Kantone von 1990 und 2000 in einer Karte nur über grössenproportionale Kreise möglich, die aufgrund von Überdeckungen für dieses Thema kein optimales Darstellungsmittel darstellen. Eine bessere Variante wäre die

Nutzung von Flügeldiagrammen, mit denen die zwei Bevölkerungszahlen einander als Halbkreise gegenübergestellt und direkt verglichen werden könnten. Dieser Diagrammtyp wird jedoch nicht angeboten. Mit der zu entwickelnden Konstruktionstheorie und der daraus abgeleiteten flexiblen Diagrammsignaturbeschreibung ist es für Programmierer einfacher, mehr und auch neue Diagrammsignaturen in ihre Programme zu integrieren. Ausserdem könnte die Beschreibung auch in Standards des Open Geospatial Consortium (OGC) wie "Styled Layer Descriptor" eingebettet werden, was die Verbreitung der Signaturen enorm fördern würde.

Eine Applikation zum Generieren von thematischen Karten, die die Konstruktionstheorie anwendet und die Diagrammsignaturbeschreibung nutzt, würde erstmals eine Signaturierung ohne Umwege über ein kompliziert zu bedienendes GIS oder über eine Eigenprogrammierung ermöglichen. Auch für Internetkarten wäre so eine Applikation ideal, da bislang noch kein einfach zu bedienendes Programm zur Generierung von Diagrammsignaturen für Internetkarten zu finden ist.

Es gibt in der Literatur viele Ansätze für eine Gliederung bzw. Klassifikation der Signaturen (auch als Taxonomie bezeichnet). So haben unter anderem *Imhof (1972)*, *Arnberger (1977)* und *Witt (1967)* versucht, Diagrammsignaturen in Gruppen zu unterteilen. Diese Unterteilungen erfolgten jedoch nach dem Aussehen und nach redaktionellen Überlegungen und sind meist nicht vollständig. So meint unter anderem *Witt (1967, S. 91)*: "Dennoch könnte das statistische Diagramm auch der thematischen Kartografie mehr als bisher nutzbar gemacht werden." Für Konstruktionszwecke sind die Taxonomien in der Regel nicht geeignet. Hier bietet die vorliegende Arbeit einen neuen Gliederungsansatz (Gliederung nach dem Konstruktionsprinzip). Dieser bietet Programmierern eine klarere Übersicht über mögliche, in ihre Programme zu integrierende Diagrammsignaturen und ermöglicht es den Nutzern, eher eine geeignete Signatur zur Darstellung ihrer Daten zu finden.

Der Trend in der Kartografie geht immer mehr in Richtung einer automatischen Visualisierung statistischer Daten (*Brunner-Friedrich/Stadler 2006*, *Kottenstein 1992*). Diese ist jedoch in absehbarer Zeit nicht möglich, da das Programm in der Lage sein muss, automatisch aus beliebigen Nutzerdaten die für dieses Thema optimale Diagrammsignatur auswählen zu können. Bislang werden die Daten analysiert und auf Basis dieser Analyse vordefinierte Dia-

Einführung 7

grammsignaturen genutzt. Diese sind aber vielleicht nicht so anschaulich und intuitiv lesbar wie andere Signaturen. Um eine optimale Signatur zu finden, muss das Programm den Darstellungszweck des Themas erfassen können, was auch in nächster Zukunft noch nicht möglich ist. So eine automatische Visualisierung ist hier zwar nicht das Ziel, aber mit dieser Arbeit wird ein grosser Schritt hin zu einer automatischen Signaturierung getan, da damit zumindest die Konstruktion der optimalen Diagrammsignaturen möglich ist.

1.4 Aufbau der Arbeit

Diese Dissertation gliedert sich in sechs Teile. Der erste Teil gibt einen Überblick über das Hauptgebiet der thematischen Kartografie, die Visualisierung statistischer Daten. Er beleuchtet die bisherigen Generierungsansätze und sowohl die perzeptiven als auch die grafischen Signatureigenschaften. In einem zweiten Teil werden eine grosse Anzahl Diagrammsignaturen aus der Literatur analysiert und in eine Taxonomie eingeordnet. Weiter wird in einem dritten Teil eine eigene Theorie über die Struktur und Konstruktion von Diagrammsignaturen für statistische Werte aufgestellt. Im vierten Teil wird mittels einer Beschreibungssprache für Diagrammsignaturen diese Theorie umgesetzt. Die praktische Umsetzung und Prüfung der Theorie in einem Prototyp ist Thema des fünften Teils. Im sechsten Teil werden die Ergebnisse beurteilt sowie ein Ausblick in die Zukunft gegeben.

Grundlagen 9

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen behandelt, die für das Verständnis der nachfolgenden Kapitel wichtig sind. Es werden die Fachbegriffe für diese Arbeit definiert und ein Überblick über die Signatureigenschaften, -gliederungen und bestehende Ansätze auf dem Gebiet der Signaturkonstruktion an Hand der Fachliteratur gegeben.

2.1 Thematische Daten

In Karten werden häufig thematische bzw. Sachdaten dargestellt. Das sind durch Zeichen kodierte Informationen, die nur einen indirekten Geobezug besitzen und mittels numerischer Angaben Informationen kodieren (*Müller 2001*). So sind zum Beispiel Einwohnerzahlen von Gemeinden, Anbaugebiete von Getreide oder die Anzahl Pendler einer Region thematische Daten. Thematische Daten können in zwei grosse Gruppen unterteilt werden:

2.1.1 Qualitative Daten

Qualitative Daten sind Angaben von Positionen, Eigenschaften und Zugehörigkeiten von Objekten. Sie beantworten die Frage "Was ist wo?" (*Imhof 1972*, S. 63; Hake et al. 2002, S. 17; Schröder 1985, S. 28). In Abb. 2-1 werden zum Beispiel die Vorkommen von Rohstoffen wie Baumwolle und Kaffee dargestellt. Die Daten sind nominalskaliert (siehe *Tainz 2002b*).

Die Nominalskala wird dabei für Objekteigenschaften verwendet, die nicht in eine Ordnung oder Wertigkeit gebracht werden können, also willkürlich und nicht eindeutig geordnet sind. Es können lediglich die Existenz und die Gleichheit überprüft werden. Beispiele für nominalskalierte Daten wären Landnutzungsklassen (z. B. Wiese, Wald, Feld) oder Berufe (z. B. Mechaniker, Lehrer, Bauer).

Da einzelne Objektattribute immer voneinander unterscheid- und trennbar sind, können qualitative Daten nur diskret sein (*Schröder 1985, S. 28*).



Abb. 2-1: Darstellung qualitativer Daten (*Truran 1975*)

2.1.2 Quantitative Daten

Quantitative Daten sind durch Zahlen dargestellte Mengen und Werte (Abb. 2-2). Sie beantworten die Frage "Wieviel ist wo?" (*Hake et al. 2002*, *S. 17*). Diese Gruppe der thematischen Daten kann ordinal-, intervall- oder ratioskaliert sein (Abb. 2-3). In der Kartografie sind diese Skalenniveaus von grosser Bedeutung, da deren Eigenschaften (z. B. ordnende Reihenfolge der Daten) mit kartografischen Mitteln visualisiert werden müssen (z. B. durch Veränderung der Helligkeit der Signaturen) (*Tainz 2002b*).

Die Ordinalskala ist das niedrigste quantitative Skalenniveau und wird auf Objektattribute angewendet, wenn diese in einer geordneten bzw. gestuften Reihenfolge angeordnet werden können (z. B. heiss – warm – kalt oder dichter Wald – lichter Wald – kein Wald). Die Skalenwerte besitzen den gleichen Abstand zueinander (*Tainz 2002b*). Eine Intervallskala wird für Objekteigenschaften verwendet, die in eine Reihenfolge gebracht werden können und zähl- bzw. messbar sind. Dabei ist sie nach oben und unten offen und besitzt einen willkürlich gewählten Nullpunkt (z. B. Temperaturangaben in Grad Celsius). Die Abstände zwischen den Skalenwerten sind numerisch definiert (*Tainz 2002b*), ein Verhältnis zweier Mengenwerte kann jedoch nicht gebildet werden (20 Grad sind nicht doppelt so warm wie 10 Grad). Objekteigenschaften sind ratioskaliert, wenn sie in eine Reihenfolge gebracht werden können,

Grundlagen 11

zähl- bzw. messbar sind und einen absoluten Nullpunkt besitzen (z. B. Temperaturangaben in Kelvin). Verhältnisse zwischen den Mengenwerten können gebildet werden (*Tainz 2002b*). Werden Mengenwerte in ein tieferes Skalenniveau gebracht (z. B. durch Gruppierung der Mengenwerte), kann aus den transformierten Daten nicht mehr auf die Ausgangsdaten geschlossen werden (Abb. 2-3).

Quantitative Daten können sowohl diskret als auch stetig sein. Dabei sind diskrete Werte Zahlenwerte, zwischen denen keine Zwischenwerte möglich sind (z. B. Anzahl Einwohner: 2 oder 3, nie 2.5). Diese werden meist ausgezählt. Stetige bzw. kontinuierliche Werte sind Zahlenwerte, zwischen denen Zwischenwerte möglich sind (z. B. Stickstoffdioxid-Konzentrationen: 18 µg/m³ oder 19 µg/m³, aber auch 18.2 µg/m³). Diese werden meist ausgemessen. Werden Werte nicht kontinuierlich gemessen, sondern z. B. nur jede Stunde abgelesen, so sind diese Werte trotzdem noch kontinuierlich, nur dass sie nun diskretisiert wurden. Daher können Zwischenwerte interpoliert werden, was bei echten diskreten Werten nicht möglich ist (das wirkt sich auch auf die Darstellung dieser Mengenwerte aus).

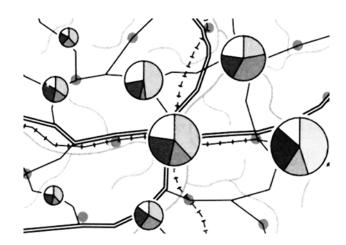


Abb. 2-2: Darstellung quantitativer Daten (*Hake et al. 2002*)

Quantitative Daten können weiter unterteilt werden in (positive oder negative) Absolut- und Relativwerte (*Hake et al. 2002, S. 17*).

Absolutwerte sind eigenständige Mengen. Hier kann zwischen Besetzungszahlen, die die Häufigkeit des Vorkommens oder Ereignisses kennzeichnen (z. B. 5 Serverabstürze) und Masszahlen, die eine Einheit besitzen (z. B. 500 Kilogramm), unterschieden werden (*Schröder 1985*, *S. 28/29*).

Relativwerte sind Verhältniszahlen (z. B. Einwohner pro Quadratkilometer). Diese untergliedern sich in Beziehungszahlen aus zwei unterschiedlichen Werten (z. B. 50 Einwohner pro 1 Quadratkilometer), Gliederungszahlen wie Teilmengen einer Gesamtmenge (z. B. 25 % der Gesamtbevölkerung, meist in Prozent oder Promille angegeben) und Messzahlen (geben das Verhältnis zwischen gleichartigen Werten an, wobei ein Wert die Basis bildet, z. B. Einwohnerzahl Deutschlands = 100 %, Einwohnerzahl Schweiz = 9 % der Einwohnerzahl Deutschlands).

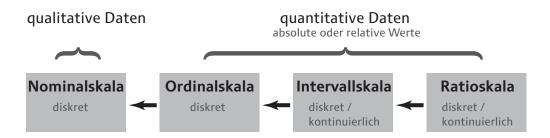


Abb. 2-3: Schema der Skalenniveaus und ihre möglichen Transformationen

2.1.3 Multidimensionalität quantitativer Daten

Quantitative Daten können schnell sehr komplex werden. So sind sie unter anderem beliebig tief gliederbar.

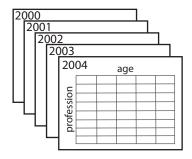


Abb. 2-4: Multidimensionalität quantitativer Daten

Grundlagen 13

So könnten Nutzer zum Beispiel Bevölkerungsdaten unterschiedlicher Jahre (z. B. 5 Jahre), unterschiedlicher Berufsgruppen (z. B. 8 Berufsgruppen) und unterschiedlicher Altersgruppen (z. B. 5 Altersgruppen) in einer Karte darstellen wollen (Abb. 2-4). Das ergibt 200 Werte für jede Signatur in der Karte. Solch eine Menge an Informationen ist weder in einer Papierkarte noch am Bildschirm darstellbar. Da nur ein Teil dieser Daten visualisiert werden kann, muss eine Generalisierung erfolgen.

2.1.4 Generalisierung quantitativer Daten

Eine Möglichkeit, diese Menge an Informationen zu reduzieren und sie für eine Karte aufzubereiten, ist die quantitative Generalisierung. Dabei werden Daten entweder vereinfacht (z. B. durch Rundung der Werte), zu Gruppen bzw. Klassen zusammengefasst (Klassifizierung bzw. Aggregation) oder eine Auswahl (Selektion) innerhalb der Daten getroffen (z. B. Bevölkerung 2004 nach Alter strukturiert) (Abb. 2-5). Bei einer Aggregation werden das Skalenniveau und die Aussagekraft der Daten verringert, es kommt zu einem Informationsverlust. So können z. B. Einwohnerzahlen zu den 3 Klassen "<50000 Einwohner", "50000 bis 100000 Einwohner" und ">100000 Einwohner" zusammengefasst werden. Damit sind die Klassen geordnet (ordinalskaliert). Der umgekehrte Weg, eine Verbesserung der Aussagekraft der Daten und Erhöhung des Skalenniveaus, ist nicht möglich (vgl. Abb. 2-3). Das heisst, dass einzelne Werte des Beispiels nicht mehr eruiert werden können. Für eine Klassierung stehen verschiedene Methoden der Klassenbildung zur Verfügung, die mehrfach in der Literatur beschrieben sind (z. B. Witt 1967, S. 295 ff.; Slocum 2005).

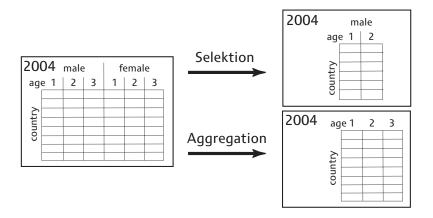


Abb. 2-5: Generalisierung quantitativer Daten

2.2 Signaturen zur Darstellung thematischer Daten

2.2.1 Begriffsdefinitionen

Um die oben erwähnten thematischen Daten im Geobezug darzustellen, werden Signaturen in einer Karte verwendet. Das Wort Signatur leitet sich vom lateinischen Wort "Signum" ab und bedeutet Merkmal oder Kennzeichen (Imhof 1972, S. 60). Diese Signaturen sind sich in Karten auf einen Punkt oder eine Grundrisslinie beziehende Kartenzeichen (Koch 2002a). Im Englischen wird für Signaturen der Begriff symbol gebraucht. "A symbol is a letter, character or other graphic element representing some feature, quality or characteristic on a map." (modifiziert nach ICA 1973, S. 88).

Für mit Flächenmustern bzw. -füllungen dargestellte Grundrissflächen wird der Begriff *Flächensignatur* verwendet (*Koch 2001a*). Der Begriff *Positionssignaturen* wird in dieser Arbeit für punktbezogene Kartenzeichen verwendet, die im Kartenmassstab nicht mehr als Grundriss dargestellt werden können (*Koch 2002b*).

Ein *Diagramm* ist eine grafische Darstellung in linearer, flächiger und räumlicher Ordnung zur Wiedergabe von ermittelten Werten in massgebundener grafischer Form. Es kann als kleine grafische Gestalt auf einen Punkt oder eine Fläche bezogen in einer Karte genutzt werden (Diagrammfigur). Auf einen Punkt bezogene Diagramme in einer Karte werden als *Diagrammsignatur* bezeichnet (*Koch 2001b*), auf eine Fläche bezogene Diagramme als *Diakartogramme*. In dieser Arbeit ist diese Unterscheidung jedoch irrelevant, daher wird der Begriff "Diagrammsignatur" verwendet. Untermengen der Diagrammsignaturen sind unter anderem die *wertproportionalen Signaturen* (bzw. Mengensignaturen⁴) und die *Werteinheitssignaturen* (bzw. Signaturen der Bildstatistik⁵).

Im Englischen werden für Diagramme die Begriffe "diagram", "chart" und "graph" verwendet. "A *diagram* is a geographical representation of numerical data, or of the course or results of an action or process." (*Neumann 1997*,

⁴ nach *Stams 2002* grössengestufte geometrische Positionssignaturen, deren Grösse an einen Wertmassstab gebunden ist

nach *Stams 2001* eine geordnete Menge an geometrischen oder bildhaften Zeichen, über deren Anzahl und unter Umständen deren Grösse Wertunterschiede dargestellt werden

Grundlagen 15

S. 489). "A chart⁶ or graph is a type of information graphic that represents tabular numeric data." (Wikipedia 2006a). "A graph is a diagram which represents the relationship between two variable quantities by the distance of a series of points (or of a curve or other line drawn through them) from the axes of a cartesian coordinate system." (ICA 1973, S. 323). Harris (1999, S. 71 und 164) sieht "graphs" als Untermenge von "charts" an, wobei dort im Gegensatz zu "charts" ein genaues Ablesen der dargestellten Werte über Achsen möglich ist. Dies ist nur eine Auswahl von Definitionen. Fast jeder Autor benutzt die Begriffe in seinem Kontext anders. Diese den englischen Sprachraum betreffende Situation ist für die folgenden Untersuchungen jedoch unerheblich.

Mit Signaturen kann die räumliche Verteilung von Mengenwerten visualisiert werden. Durch die Darstellung der thematischen Daten mittels Diagrammsignaturen werden die Werte im Gegensatz zur Darstellung in einer Tabelle gleichzeitig wahrnehmbar, leicht überschaubar und vergleichbar. Allerdings können nur wenige und nur leicht vergleichbare Werte dargestellt werden. Grund dafür ist, dass Tabellen gelesen werden müssen, was ein zeitlich gestaffelter Vorgang ist, während Diagrammsignaturen mit einem Blick erfasst werden können (*Imhof 1972*, *S. 72*).

2.2.2 Konstruktiver Aufbau von Signaturen

2.2.2.1 Aufbau aus geometrischer Sicht

Signaturen setzen sich aus den geometrischen Primitiven Punkt (0-dimensional), Linie (1-dimensional), Fläche (2-dimensional) und Volumen (3-dimensional) zusammen (Abb. 2-6). Diese Grundelemente, von *Neudeck* (2001) auch als Triviale bezeichnet, können kombiniert und angeordnet werden.



Abb. 2-6: Geometrische Primitiven von Signaturen

⁶ In der Kartografie werden als "charts" auch Seekarten bezeichnet.

2.2.2.2 Aufbau aus grafischer Sicht

Grafisch gesehen setzen sich Signaturen aus Grafikprimitiven zusammen. In der Computergrafik sind Grafikprimitiven einfache geometrische Grundformen, die das grafische System direkt darstellen kann. Das Aussehen dieser Formen kann über ihre Attribute kontrolliert werden (Foley et al. 1996, S. 19). Üblicherweise zählen dazu im 2D-Raum Linien (lines), Rechtecke (rectangles), Polygone (polygons), Kreise (circles), Ellipsen (ellipses), Text (text) sowie im 3D-Raum Polygone (polygons), Polyeder (polyhedra) und Text (text). Erweiterte grafische Systeme unterstützen zusätzliche Primitiven wie Kurven (curves) und Oberflächen (surfaces). Wenn Grafikprimitiven genutzt werden, die nicht vom grafischen System direkt gezeichnet werden können, muss die Applikation diese Formen auf die unterstützten Grafikprimitiven zurückführen (Foley et al. 1996, S. 19).

2.2.2.3 Aufbau aus kartografischer Sicht

Aus kartografischer Sicht werden Signaturen aus kartografischen Primitiven aufgebaut. Kartografische Primitiven sind geometrische Grundformen ähnlich den Grafikprimitiven. Allerdings unterscheiden sie sich von Grafikprimitiven durch die Einbeziehung weiterer häufig genutzter geometrischer Formen wie Kreissektoren und Formen wie Punkte und Polylinien, die per Definition keine eigene grafische Ausprägung besitzen. In vielen Fällen sind kartografische Primitiven regelmässig (z. B. gleichseitiges Sechseck). In einem späteren Kapitel werden sie genauer untersucht und erläutert.

2.2.3 Perzeptive und semiotische Signatureigenschaften

Signaturen besitzen nicht nur geometrische und grafische, sondern auch perzeptive und semiotische Eigenschaften. Perzeptive Eigenschaften sind Eigenschaften der Wahrnehmung. Semiotische Eigenschaften beschreiben die Beziehungen der Zeichen untereinander (Syntaktik), die Beziehungen zu deren Bedeutung bzw. zum darzustellenden Objekt (Semantik) sowie die Beziehungen zu deren Nutzer (Pragmatik) (Koch/Tainz 2002). Die perzeptiven und semiotischen Eigenschaften können variiert werden, indem die geometrischen und grafischen Eigenschaften verändert werden.

Werden mehrere Diagrammsignaturen in einer Karte dargestellt, haben sie folgende perzeptive Eigenschaften: Sie können assoziativ (homogene Wahrnehmung von Zeichen trotz optischer Unterschiede), selektiv (isolierte Wahrnehmung von Zeichen einer Kategorie), geordnet (Wahrnehmung eindeutiger Reihenfolgen von Zeichenkategorien) und quantitativ (Verhältnisse zwischen den Zeichen sind numerisch ausdrückbar) sein (Bertin 1974, S. 56 ff.). In semantischer (bedeutungstragender) Hinsicht müssen Signaturen einen Raumbezug aufweisen und entweder Assoziationen (Herstellung eines unmittelbaren Zusammenhangs zwischen der Signatur und dem darzustellenden Objekt) oder Analogien (Herstellung eines mittelbaren Zusammenhangs zwischen der Signatur und dem Objekt über Symbol- oder Wertesysteme) hervorrufen (Koch 2004). Ausserdem haben Signaturen für den Kartennutzer eine Signifikanz (Wichtigkeit). Daher sollten sie grafisch differenzierbar (Syntaktik) und in einer optimalen grafischen Dichte im Kartenbild dargestellt werden. Dies kann geschehen, wenn die folgenden Bedingungen für die Lesbarkeit erfüllt werden (DGfK 2004, S. 810; Hake et al. 2002, S. 111/112; White 1984, S. 9/10):

- schnelle und leichte Erkennbarkeit
- Kompaktheit
- Konzentration auf das Wesentliche
- Unverwechselbarkeit
- Objektähnlichkeit (Ikonizität)
- Originalität
- an Lesegewohnheiten der Nutzer angepasst
- Einhaltung der grafischen Mindestdimensionen
- Wahrung der typischen Gestalt des Kartenzeichens (möglichst geschlossene, stabile, in sich folgerichtige und einfache Gestalt, die gegen Verschiebungen, Drehungen, Massstabsänderungen, Kontraständerungen und -umkehrungen invariant ist)
- Symmetrie
- Reproduzierbarkeit (nicht nur einmal, sondern mehrfach erzeugbar)

Zum Teil bestehen Widersprüche und Abhängigkeiten zwischen den Bedingungen der Lesbarkeit. Eine Signatur kann unter Umständen nicht gleichzeitig dem darzustellenden Objekt ähnlich sein und eine einfache Gestalt besitzen, z. B. wenn das Objekt sehr komplex ist. Weiter kann es Konflikte zwischen der Originalität und der Objektähnlichkeit geben, da durch diese die Originalität

eingeschränkt wird. Während die Bedingungen der Lesbarkeit für alle Signaturen in der Karte gelten, ist die Objektähnlichkeit und die Originalität im Fall der Diagrammsignaturen nicht ausschlaggebend.

Es kann eine breite Palette an Signaturen genutzt werden, um qualitative und quantitative thematische Daten zu präsentieren. Dabei sind hauptsächlich der Kartenzweck und die Zielgruppe, aber auch ihre semiotischen Eigenschaften (siehe Koch 2004) für die Auswahl der "richtigen" Signatur entscheidend, womit die Palette nutzbarer Signaturen stark eingeschränkt wird. Für eine gestuft-flächenhafte Darstellung von quantitativen Daten (nur Relativwerte) werden meist Choroplethen genutzt. Für die Präsentation der quantitativen Daten als lineare Signaturen werden dagegen meist Bänder und Pfeile (für richtungsabhängige Daten) verwendet. Wenn die quantitativen Daten auf einen Punkt bezogen dargestellt werden sollen, sollten nur Diagrammsignaturen in einer Karte genutzt werden. Grund dafür ist die bessere Vergleich- und Messbarkeit der Werte. Auf bildhafte Signaturen sollte verzichtet werden, da nicht genau bestimmbar ist, ob die Höhe, Fläche oder eine andere Eigenschaft (z. B. Volumen) den Wert repräsentiert (Abb. 2-7) und visuelle Schätzungen mit erheblichen Fehlern behaftet sind. Zwar werden auch einfache wertproportionale Signaturen unter Umständen falsch interpretiert, weil die konstruierte Grösse von der wahrgenommenen bzw. interpretierten Grösse differiert (Williams 1956). Diese Fehler sind jedoch kleiner als bei bildhaften Signaturen. Trotzdem können auch sie mitunter nicht vernachlässigt werden.

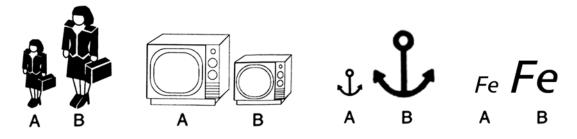


Abb. 2-7: Welche Konstruktionseigenschaft zeigt den Mengenwert an?

Nicht alle Diagrammsignaturen können jedoch alle Mengenwerte darstellen. So ist zum Beispiel ein wertproportionaler Kreis von seinen geometrischen Eigenschaften her ungeeignet, um negative Werte zu repräsentieren, der minimal darstellbare Wert beträgt Null. Wertproportionale Signaturen sind nor-

malerweise auch ungeeignet, zeitliche Phänomene zu charakterisieren, da sie immer nur eine Momentaufnahme darstellen können (*Hake et al. 2002*, *S. 18*). Einige Diagrammsignaturen (z. B. Säulendiagramme) können auch mehrere Werte präsentieren.

Eine Karte kann unterschiedlich komplex sein, d. h. eine oder mehrere thematische Ebenen enthalten. Während für eine thematische Ebene nur ein Signaturtyp gebraucht wird, müssen bei mehreren thematischen Ebenen verschiedene Signaturen übereinander gelagert werden. Je mehr Ebenen miteinander überlagert werden, desto weniger anschaulich und lesbar wird die Karte. Daher ist bei der Auswahl einer Signatur auch die Signaturumgebung zu beachten. Bei einer Kombination der Kartenebenen gelten folgende Regeln:

- Flächensignaturen sollten nur in Notfällen miteinander kombiniert werden (z. B. Choroplethe mit Flächenmuster), weil ansonsten die Anzahl möglicher Kombinationen und die Lesbarkeit eingeschränkt wird (*Spiess 1970*). Es ist eine maximale Verknüpfung aus 4 x 4 Gruppen möglich (*Witt 1967*, *S. 353*).
- Eine Kombination einer Flächensignatur mit Positions- oder linienbezogenen Signaturen ist hingegen unproblematisch.
- Positionssignaturen könnten mit anderen Positionssignaturen kombiniert werden, die Lesbarkeit leidet jedoch spürbar, wenn sich Überlappungen ergeben und die Signaturen nicht mehr auf einen Blick erfasst werden können.
- Das Gleiche gilt für die Kombination aus linienhaften Signaturen miteinander.

2.2.4 Grafische Signatureigenschaften

Weiterhin besitzen Signaturen bestimmte grafische Eigenschaften, die die Repräsentation der Signatur beschreiben. Mit ihnen können die darzustellenden Werte kodiert und eine Signatur eindeutig bestimmt werden.

In einer Kartenebene wird die Position (die zwei Dimensionen der Ebene) für die Lokalisierung der Kartenobjekte genutzt. Somit müssen die Mengenwerte in einem eigenen Signaturkoordinatensystem dargestellt werden. Ausserdem sind neue visuelle Variationen erforderlich, die den Kartennutzer zum Vergleich der über die Karte verteilten Werte anregen. Diese Variationen werden

durch die Wahrnehmung und ihre Effekte bestimmt. Wenn die Entfernung zwischen dem Beobachter und dem Objekt in der Natur mit bekannter Grösse, Helligkeit, Muster, Farbgebung und Form zunimmt, dann können folgende Effekte auftreten (*Bertin 1974*, S. 66-68):

- Die Grösse des Objekts scheint abzunehmen.
- Die Helligkeitsunterschiede scheinen abzunehmen.
- Das Muster scheint zu verschwimmen.
- Die Farben scheinen sich zu ändern.
- Formen scheinen sich zu verzerren bzw. zu verändern.
- Richtungen scheinen sich zu verzerren bzw. zu verändern.

Diese sechs Variationen werden als grafische Variablen bezeichnet (Tab. 2-1).

Grafische Variable	Abbildung	Beschreibung
Form (shape)		Die Umrisse der Signatur werden verändert. Dadurch erhält die Signatur eine andere Bedeutung.
Farbe (color)		Die Farbe kann sowohl ordnend, als auch unterscheidend wirken. Sie entsteht durch Brechung des Lichts.
Grösse (size)		Die Veränderung der Grösse zeigt häufig eine Veränderung der Menge auf. Es gilt das Prinzip: Je grösser, de- sto mehr.
Orientierung (Richtung, Rotation) (orientation, rotation)	/-\	Die Orientierung zeigt Richtungen auf und kann bei Flächen verbindend, bei Punkten und Linien eher selektiv wir- ken.
Muster (Körnung, Füllung, Abstand) (texture, grain, spa- cing)		Das Muster wird meist eher in einer Fläche verwendet und wirkt ordnend. Es gilt das Prinzip: Je dichter, desto mehr.
Helligkeit (Tonwert) (value)		Die Helligkeit gibt die Gesamtenergie des auf das Auge treffenden Lichtrei- zes wieder. Sie wirkt ordnend. Es gilt das Prinzip: Je dunkler, desto mehr.

Tab. 2-1: Grafische Variablen für punkthafte Abbildungen nach *Bertin* (1974)

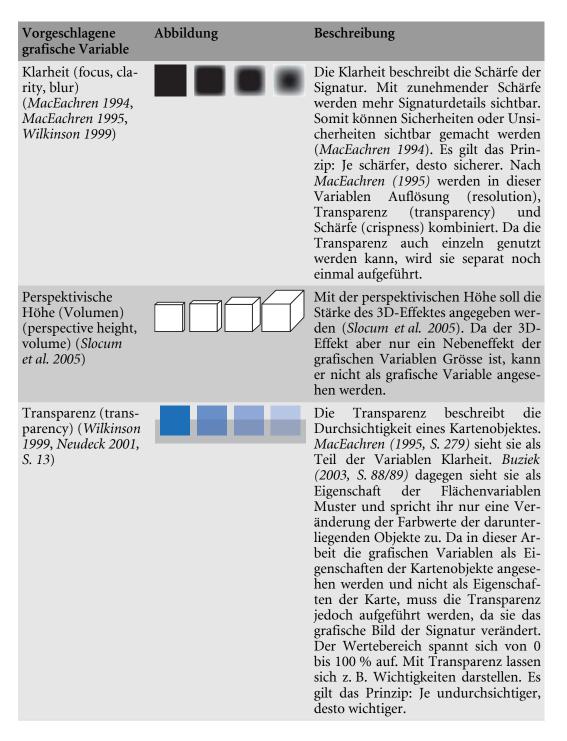
Die Position der Signaturen sollte in Karten möglichst nicht variiert werden⁷ (*Robinson et al. 1984, S. 280*). Daher wird immer nur mindestens eine der in Tabelle 2-1 genannten sechs grafischen Variablen in einer Karte genutzt (*Bertin 1974, S. 50*). Laut *Hake et al. (2002, S. 107)* führt der Einsatz grafischer Variablen zu einer objektiven Gliederung der Werte durch differenzierte Darstellungen und zu einer subjektiven Bewertung durch Betonen oder Zurückdrängen.

Mehrere Autoren haben versucht, weitere grafische Variablen zu finden. Es wurde jedoch in vielen Fällen nicht beachtet, dass ein Unterschied zwischen einer grafischen Variablen und einer Aktion, die diese Variable verändert, besteht. Solche vom Kartennutzer durchgeführten Aktionen sind zum Beispiel (Jiang 1996, S. 5; Van der Wel et al. 1994, S. 313 ff.):

- Blinken mit einer bestimmten Blinkfrequenz, um Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen (Blink)
- Hervorheben selektierter Gebiete, um Aufmerksamkeit zu erregen (Highlight)
- Ausblenden, um die Aufmerksamkeit zu verringern (Fade)
- Zoomen (Grösse eines Objektes ändern), um mehr Details zeigen bzw. unnötige Details verstecken und einen Überblick erhalten zu können (Zoom)
- Verschieben der Karte relativ zum Monitor (Pan)
- Verschieben eines Kartenobjektes in eine beliebige Richtung (Drag)
- Informationsanzeige durch Klicken mit der Maus (Click)

Diese Aktionen dienen lediglich dazu, die Repräsentation und Veränderung des Aussehens der Kartenobjekte mittels grafischer Variablen zum Ausdruck zu bringen.

⁷ Eine Möglichkeit wäre die Verdrängung der Signaturen, ohne ihre topologische Richtigkeit zu zerstören.



Tab. 2-2: Weitere vorgeschlagene grafische Variablen für Bildschirmkarten

Nach der Einführung der Bildschirmkartografie wurden weitere Variablen für Kartenobjekte vorgeschlagen (Tab. 2-2). Ausserdem konnten einige der sechs grafischen Variablen von Bertin untergliedert und technisiert werden (Abb. 2-8 und Tab. 2-3). Das eher pädagogische Konzept von Bertin wurde dafür mit technischen Ausprägungen gemischt.

Für eine intuitive Farbauswahl wurde zusätzlich zur Farbe (Farbton⁸) und der Helligkeit (Farbwert⁹) noch die Farbsättigung¹⁰ eingeführt. Diese beschreibt den Beimischungsgrad von Schwarz oder Weiss bzw. Grautönen (*Grosser 2001a*) (Abb. 2-8). Zur mathematischen Beschreibung aller realisierbaren Farben und ihrer Anordnung wurden farbmetrische Farbräume definiert. Der international gültige Farbraum für Berechnungen ist der XYZ-Farbraum der CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Davon abgeleitet sind die von der Wahrnehmung her gleichabständigen Farbräume für die Berechnung der Farben (z. B. CIELab). Neben diesen farbmetrischen Farbräumen existieren noch die prozessbezogenen Farbräume¹¹, die nur eine Auswahl an Farben darstellen können (*Schoppmeyer 2001; Foley et al. 1996*, *S. 574-603*). In der Bildschirmkartografie werden häufig dem HSV-Farbraum (Hue, Saturation, Value) ähnliche Farbräume verwendet (unter anderem bei *Brewer/Harrower 2003*, grafische Repräsentation des Farbraums siehe *Wikipedia 2006b*).



Abb. 2-8: Farbsättigung

Auch die grafische Variable Muster kann weiter unterteilt werden (Tab. 2-3). Das ist nötig, da sonst keine Unterscheidung zwischen der Signaturform (z. B. für ein Quadrat) und der Form des Musterelementes (z. B. Kreis eines Kreismusters im Quadrat) vorgenommen werden kann. Das hätte zur Folge, dass das Quadrat (Form: Quadrat) nicht mit einem Muster aus Kreisen (Form:

⁸ engl. color hue, nach MacEachren 1994 und Slocum et al. 2005

engl. color value oder lightness, nach MacEachren 1994 und Slocum et al. 2005

engl. color saturation, nach MacEachren 1994 und Slocum et al. 2005

Für die Kartografie relevante prozessbezogene Farbräume sind CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) für den Druck, RGB (Rot, Grün, Blau) sowie HSV (Hue, Saturation, Value) für die Bildschirmausgabe. Weitere Farbräume wie HSB (B für Brightness), HSI (I für Intensity) oder HSL (L für Lightness) besitzen einen dem HSV ähnlichen Farbumfang.

Kreis) gefüllt werden könnte (*Wilkinson 1999*, *S. 120*). Da die drei Teilaspekte des Musters nur gemeinsam benutzt werden können, werden sie in dieser Arbeit als eine Variable Muster betrachtet.

Muster-Teilaspekte	Abbildung		Beschreibung
Anordnung (Muster) (arrangement, pattern)	88118	11 11	Die Anordnung beschreibt die relative Positionierung von Musterteilen (zum Beispiel Punkten) zueinander. Sie
(MacEachren 1994, Wilkinson 1999, Slo- cum et al. 2005)			kann gleichmässig oder zufällig in verschiedenen Abstufungen sein (MacEachren 1994, S. 27).
Körnung (Granularität) (granularity)			Die Granularität beschreibt die Wiederholung (Dichte) eines Musters pro
(Spiess 1970, S. 282, Wilkinson 1999)			Flächeneinheit.
Orientierung (orientation)			Die Orientierung beschreibt den Winkel der Musterelemente. Wilkinson
(Wilkinson 1999)			(1999) unterscheidet diese Variable des Musters von der Rotation (Richtung) der gesamten Diagrammsignatur.

Tab. 2-3: Die drei Teilaspekte der grafischen Variable Muster

Für dreidimensionale Karten werden nach *Ellsiepen (2005, S. 41)* die gleichen grafischen Variablen in verschiedenen Kombinationen genutzt. Allerdings besteht nach *Hurni (1995, S. 155-168)* und *Häberling (1999)* noch ein erhöhter Forschungsbedarf im Hinblick auf den Einsatz dieser Variablen in 3D-Karten. Erste Hypothesen und Vorschläge für topografische 3D-Karten wurden von *Häberling (2003)* vorgestellt¹². Ähnlich universelle Variablen wie die grafischen Variablen können auch für andere Medien (z. B. Sound) gefunden werden. So haben unter anderem *Krygier (1994, S. 149 ff.)*, *MacEachren (1995, S. 287-290)* und *Wilkinson (1999, S. 118 u. S. 133)* Vorschläge für solche Variablen gemacht. Für die grafische Darstellung am Bildschirm sind sie jedoch irrelevant.

Gestaltungsvariablen zur äusseren Erscheinung: Form, Farbe, Grösse, Helligkeit, Flächentextur, Oberflächenunterteilung, Oberflächenrauigkeit, Transparenz, Materialeigenschaft, Oberflächenmuster, Wiederholrate des Musters, Musterwinkelung

Zusätzlich wurden von *MacEachren* (1995, S. 281-287) basierend auf *DiBiase* et al. (1992) noch dynamische Variablen definiert, die eine Veränderung der Diagrammsignatur beschreiben (*Buziek 2003*, S. 93 ff.) und von ihrem Einsatzgebiet her auf animierte Karten beschränkt sind.

- Zeitdauer der Veränderung (duration)
- Reihenfolge der Veränderungen (order)
- Intensität von Veränderungen (rate of change)
- Frequenz der Veränderung (frequency)
- Zeitpunkt der Veränderung (display date)
- Synchronisierung von Veränderungen (synchronization)

Nach *Buziek* (2003, S. 95) haben dynamische Variablen im Gegensatz zu grafischen Variablen eine schwächere Wahrnehmungswirkung und sollen hier nicht weiter betrachtet werden.

2.2.5 Beurteilung der grafischen Signatureigenschaften

2.2.5.1 Beurteilung einzelner grafischer Signatureigenschaften

Für die Untersuchung der grafischen Signatureigenschaften auf ihre Eignung zur Darstellung statistischer Daten wurden ihre perzeptiven Eigenschaften von verschiedenen Autoren analysiert (Spiess 1970, S. 284; Bertin 1974, S. 72 ff. und 104; Bos 1984, S. 23; Robinson et al. 1984, S. 280/281; MacEachren 1994, S. 33; MacEachren 1995, S. 279). Dabei wurden die grafischen Variablen auf ihre Assoziativität (alle Zeichen als gleichartig betrachtet, verbindend), Selektivität (Auswahl, alle Zeichen als verschieden betrachtet, sie bilden Familien, trennend), Ordnung (Bildung von Reihenfolge möglich) und Möglichkeit zur quantitativen Darstellung (Mengen) untersucht. Zu beachten ist, dass Kombinationen von zwei und mehr Variablen andere Eigenschaften besitzen und dass die meisten Autoren von unterschiedlichen grafischen Variablen ausgegangen sind.

Nach einem Vergleich der oben beschriebenen Literatur kann eine Reihenfolge der grafischen Variablen für den jeweiligen Datentyp erstellt werden (angelehnt an *Mackinlay 1986*, *S. 125*). Es sollten immer diejenigen grafischen Variablen ausgewählt werden, mit denen die prägnanteste Darstellung erzeugt werden kann (*Bertin 1974*). Damit sinkt die Betrachtungszeit, die gebraucht

wird, um eine Frage mit Hilfe der Karte zu beantworten. Die grafische Variable für die prägnanteste Darstellung ist diejenige, welche die höchste Gliederungsstufe hat, also für die meisten Daten geeignet ist (*Bertin 1974*, *S. 77*). Diese Reihenfolge gilt jedoch nur, wenn nur eine grafische Variable verändert wird und alle anderen Variablen konstant bleiben.

für quantitative Daten:

1. Grösse

für geordnete Daten:

- 1. Helligkeit
- 2. Grösse
- 3. Muster
- 4. Farbsättigung
- 5. Transparenz
- 6. Klarheit

für qualitative Daten:

- 1. Farbton
- 2. Muster
- 3. Orientierung
- 4. Form

Für absolute quantitative statistische Daten kommt nur die grafische Variable Grösse für die Darstellung in Frage (Bertin 1974). Dabei wird das Prinzip verfolgt, dass grössere Signaturen einen höheren Wert darstellen (Spiess 1970, S. 282). Auf die Diagrammsignaturen bezogen bedeutet das, dass entweder die Länge, die Fläche, der Winkel oder das Volumen verändert werden müssen. Welche dieser Eigenschaften verändert wird, hängt letzten Endes von der Wertespanne der Daten ab. Kann aber aufgrund der Wertespanne zwischen mehreren Optionen gewählt werden, so schlägt Wilkinson (1999, S. 104) folgende Nutzungsreihenfolge vor:

- 1. Länge (length)
- 2. Winkel (angle/slope)
- 3. Fläche (area)
- 4. Volumen (volume)

Wenn also zwischen einer Flächendarstellung (z. B. wertproportionaler Kreissektor) und einer Längendarstellung (z. B. wertproportionaler Stab) entschieden werden kann, sollten die statistischen Daten mittels Längen dargestellt werden, insbesondere wenn das Merkmal Längencharakter hat.

2.2.5.2 Beurteilung kombinierter grafischer Signatureigenschaften

In Karten wird jedoch meist nicht nur eine grafische Variable zur Darstellung der Mengenwerte genutzt. Bertin (1974) sowie Spiess (1970) schlagen die Nutzung mehrerer Variablen in Kombination vor, um die Wahrnehmungseigenschaften und die Aussagekraft der einzelnen Variablen zu verstärken und mehrere Objektmerkmale gleichzeitig wiedergeben zu können. Spiess (1970, S. 279-293) stellt dazu vier Hauptregeln für die Kombination grafischer Variablen auf:

- 1. Eigenschaften (ordnend, trennend usw.), die bei allen beteiligten Variablen gleich sind, verstärken sich.
- 2. Eigenschaften, die nicht bei allen beteiligten Variablen gleich sind, werden abgeschwächt.
- 3. Die auflösende Eigenschaft einer einzigen Variablen (Grösse, Helligkeit) überträgt sich auf die gesamte Kombination.
- 4. Grösse, Helligkeit und Korn (Muster) können untereinander im wachsenden und abnehmenden Sinn kombiniert werden. Bei einer gleichläufigen Kombination werden die Eigenschaften verstärkt, bei einer gegenläufigen Kombination reduziert.

Werden z. B. Grösse und Helligkeit miteinander kombiniert, wird die Aussage der Diagrammsignaturen verstärkt (Abb. 2-9).



Abb. 2-9: Verstärkung der Aussagekraft durch Kombination von Grösse und Helligkeit

Für die Darstellung qualitativer Daten kann eine Variation der Farbe mit anderen selektiv wirkenden Variablen wie der Form genutzt werden (*Hake et al. 2002, S. 122 ff. und 466 ff.*). Kombinationen mehrerer Variablen für die Darstellung quantitativer Daten müssen immer die Variable Grösse enthalten.

Unter anderem bietet sich eine Kombination von Grösse und Muster an (*Hake et al. 2002*, *S. 124*) (Abb. 2-11). Da Muster jedoch eine genügend grosse Signaturfläche voraussetzen (*Bertin 1974*, *S. 87*), Bildstörungen verursachen (*Neudeck 2005*, *S. 33*) und Diagrammsignaturen in der Regel eher klein sind, sind Kombinationen aus Grösse und Helligkeit bzw. Farbsättigung zu bevorzugen (*Neudeck 2005*, *S. 32 und 34*) (Abb. 2-10). So schreibt auch *Spiess (1970*, *S. 287*), dass die Variationsmöglichkeiten von Variablen bei Signaturen aufgrund der geringen Grösse stark limitiert sind. Kombinationen von Grösse und Farbton sind für geordnete Daten ungünstig, sie sollten nur für die Darstellung von Qualitäten zum Einsatz kommen. Ein Einsatzgebiet von Farbtönen wäre die farbliche Unterscheidung von Gruppen in einem Diagramm (*Imhof 1972*, *S. 65*).

Eine Kombination der grafischen Variablen Grösse und Orientierung (Abb. 2-12) zerstört die unmittelbare Vergleichbarkeit der Diagrammsignaturen (*Spiess 1970, S. 279-307*). Die Variable Orientierung ist auf eine Wertespanne von 0 bis 360 Grad limitiert, wohingegen die Grösse theoretisch unbeschränkt ist (wahrnehmbar sind hingegen nicht mehr als zwanzig Stufen). Ein weiteres Problem ist die Symmetrie vieler Diagrammsignaturen. So ist zum Beispiel für unterscheidbare Säulen nur noch eine maximale Rotation um weniger als 180 Grad möglich, bei Quadraten sogar nur um weniger als 90 Grad. Dadurch wird die Wertespanne der Variablen Orientierung noch weiter eingeschränkt. Somit ist die Kombination eher nicht zu empfehlen.

Auch die Kombination von Grösse und Form (Abb. 2-13) gewährleistet keine Vergleichbarkeit der Diagrammsignaturen untereinander. Zwar können die ungefähren Grössenverhältnisse abgeschätzt werden, die Messbarkeit der Werte ist jedoch nicht mehr gewährleistet (*Koch 2002c*).

Eine Kombination von Grösse und Transparenz bzw. Klarheit kann zum Betonen von Wichtigem bzw. zum Darstellen von Sicherheiten und Unsicherheiten benutzt werden. Dabei wird aber die Nutzung der Variablen Farbton oder Helligkeit vorausgesetzt, da beide Variablen sonst nicht einsetzbar sind. Transparenz und Klarheit sollten erst zum Einsatz kommen, wenn eine Kombination von drei grafischen Variablen nötig wird (Tab. 2-4).



Abb. 2-10: Kombination von Grösse und Farbton



Abb. 2-11: Kombination von Grösse und Muster



Abb. 2-12: Kombination von Grösse und Orientierung



Abb. 2-13: Kombination von Grösse und Form

Grafische Variable	in Kombination mit Grösse
Muster	+/- (nur grosse Signaturen, kann Bildstörungen verursachen)
Helligkeit	+
Farbsättigung	+
Farbton	+/- (nur beschränkt innerhalb von Diagrammen möglich)
Transparenz	- (nur in Kombination mit Farbton, Farbsättigung bzw. Helligkeit möglich)
Klarheit	- (nur in Kombination mit Farbton, Farbsättigung bzw. Helligkeit möglich)
Orientierung	+/- (keine Vergleichbarkeit gewährleistet, beschränkter Wertebereich)
Form	+/- (keine Messbarkeit gewährleistet)

Tab. 2-4: Eignung der Variablenkombination für die Darstellung quantitativer Daten

2.2.6 Anwendung der Signatureigenschaften

2.2.6.1 Signaturmassstab

Da die grafische Variable Grösse für die Darstellung von quantitativen statistischen Daten genutzt wird, muss auch der Massstab der zu konstruierenden, auf einem Koordinatenpunkt platzierten Diagrammsignaturen untersucht werden. *Arnberger* (1977) unterscheidet vier verschiedene Massstäbe (Abb. 2-14):

- streng proportional kontinuierliche Massstäbe
- streng proportional gestufte Massstäbe
- willkürlich kontinuierliche Massstäbe
- willkürlich gestufte Massstäbe

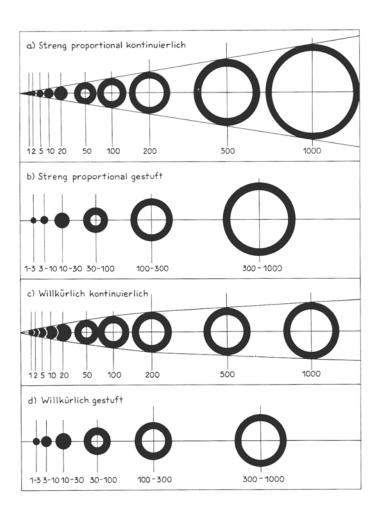


Abb. 2-14: Signaturenmassstäbe nach *Arnberger* (1977)

Die Massstäbe werden abhängig von der Wertespanne der gesamten Datenmenge (Maximal- durch Minimalmengenwert) genutzt. Bei einer geringen Wertespanne kann ein streng proportionaler Massstab gewählt werden, bei dem die Grösse der Diagrammsignatur immer um den gleichen Faktor (z. B. 1 für Längen-, 2 für Flächen-, 3 für Volumen- oder 2.5 für freie Proportionalität) verändert wird. Bei einer grösseren Wertespanne (z. B. 1 : 20000) kann ein gestufter Massstab verwendet werden, der aufgrund der Klassierung der Daten in den Maximalbereichen platzsparender ist. Willkürliche Massstäbe werden genutzt, um Platzprobleme bei streng proportionalen Massstäben zu umgehen. Die Grösse der Diagrammsignatur wird dort mit variablen Faktoren verändert. Damit die Signaturen messbar bleiben, sollte aber wenn möglich immer ein streng proportionaler Massstab gewählt werden. Dadurch kann es vorkommen, dass die Signaturen sehr viel Platz in der Karte einnehmen. Um dieses Problem zu umgehen, wird meist ein globaler Signaturmassstabsfaktor eingeführt, der die Grösse der Signatur an die Karte anpasst. Nach Keller (1989, S. 20 und 68) und Dent (1999, S. 176) ist die Grösse einer Signatur dann optimal, wenn die Fläche aller Signaturen etwa zehn Prozent der Kartenfläche beträgt.

Nicht jede Signatur ist für die Darstellung von Daten mit grosser Wertespanne geeignet. *Kraak/Ormeling (1996, S. 150)* schlagen daher folgende Signaturtypen für die nachfolgenden Wertespannen vor (Tab. 2-5):

Wertespanne	Signaturtyp
< 1:100	Stab, Stabdiagramm
< 1:1400	Flügeldiagramm (Kreissektorendiagramme mit konstantem Win-
	kel, aber veränderlichem Radius)
< 1:2500	Kreis, Kreissektorendiagramm

Tab. 2-5: Eignung der Signaturtypen für die Datendarstellung nach *Kraak/Ormeling* (1996)

Die Spanne der Werte innerhalb eines Diagramms darf dabei ein Zehntel der Gesamtwertespanne aller Diagramme nicht überschreiten¹³. Ähnliche Werte werden von *Spiess* (1983) vorgeschlagen (Tab. 2-6):

z. B. Werte erstes Diagramm: 5, 7, 20, 100; Werte zweites Diagramm: 1000, 5000, 7000, 10000; Gesamtwertespanne der Signaturen = 5 / 10000 = 1:2000; Wertespanne innerhalb des ersten Diagramms = 5 / 100 = 1:20; Wertspanne innerhalb des zweiten Diagramms = 1000 / 10000 = 1:10 (beide Diagrammwertespannen innerhalb der maximalen Diagrammwertespanne von 1:200)

Wertespanne	Signaturtyp
< 1:80	Stab, Stabdiagramm
< 1:1000	Flügeldiagramm (Kreissektorendiagramme mit konstantem Win-
	kel, aber veränderlichem Radius)
< 1:2000	Kreis, Kreissektorendiagramm

Tab. 2-6: Eignung der Signaturtypen für die Datendarstellung nach Spiess (1983)

Grosser (2002) empfiehlt dagegen folgende Wertespannen:

Wertespanne	Proportionalität der Signaturen	
< 1:100	längenproportional (z. B. Stab, Stabdiagramm)	
< 1:1000	flächenproportional (z. B. Kreissektorendiagramm, Figramm)	lügeldia-
> 1:1000	volumenproportional oder frei wählbare Proportionalit wertproportionaler Würfel, Körperdiagramm)	ät (z. B.

Tab. 2-7: Proportionalität in Abhängigkeit von der Wertespanne nach *Grosser* (2002)

Wird davon ausgegangen, dass die Mengenwerte, die Kartenfläche und die Proportionalität der Signaturen bekannt sind, kann aus diesen Angaben ein Signaturmassstab mit folgenden Formeln berechnet werden:

$$Wertespanne = \frac{Maximal mengenwert}{Minimal mengenwert}$$

$$Fl\"{a}che\ aller\ Signaturen = \frac{Kartenfl\"{a}che}{globaler\ Signaturmass stabsfaktor(ca.\ 10)}$$

$$Fl\"{a}che\ der\ Signatur = \frac{Fl\"{a}che\ aller\ Signaturen}{Summe\ aller\ Werte}* darzustellender\ Mengenwert$$

Je nach Proportionalität kann aus der Fläche der Signatur dann die variable Signatureigenschaft berechnet werden, z. B. der Radius eines flächenproportionalen Kreises oder der einer volumenproportionalen Kugel:

$$Radius = \sqrt{\frac{Fl\"{a}che\ der\ Signatur}{2*PI}} \qquad Radius = \sqrt[3]{\frac{3*Volumen\ der\ Signatur}{4*PI}}$$

Da in zweidimensionalen Karten Volumen auch zweidimensional dargestellt werden müssen, ist das Volumen der Kugel hier gleich der Fläche der Signatur.

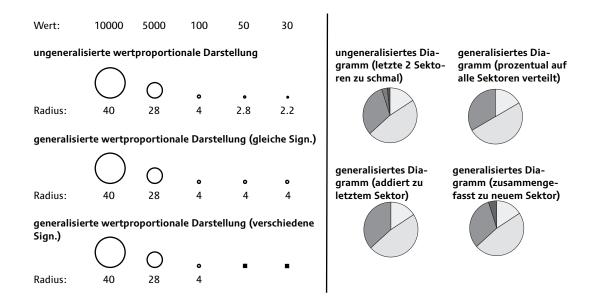


Abb. 2-15: Generalisierung von Diagrammsignaturen

2.2.6.2 Minimaldimensionen und grafische Generalisierung

Für die Darstellung statistischer Daten mittels der grafischen Variablen Grösse müssen auch die Minimaldimensionen beachtet werden. Diese sind am Bildschirm deutlich grösser als in der Papierkarte. Untersuchungen und Ergebnisse dazu sind unter anderem bei *Neudeck* (2001) zu finden.

Üblicherweise wird für die Darstellung mittels wertproportionaler Signaturen in Bildschirmkarten ein grafischer Maximalwert (in Pixel) angegeben (Abb. 2-15). Aus dem Verhältnis dieses Wertes zum Maximalmengenwert kann die aktuelle Signaturgrösse berechnet werden. Ist sie kleiner als ein anzugebender Minimalwert, wird die Signatur in der Grösse des Minimalwertes oder mit einer anderen Signatur dargestellt (*Hochrein 1986*, *S. 43*). Zu kleine Werte können nicht einfach weggelassen werden, da eine gelöschte Signatur das Nichtvorhandensein eines Wertes impliziert.

Werden Daten mittels Diagrammen dargestellt, muss nicht nur die Grösse des gesamten Diagramms, sondern auch die der Diagrammteile generalisiert werden (Abb. 2-15). Dabei können die zu kleinen Diagrammteile entweder prozentual auf die anderen Diagrammteile verteilt, dem vorherigen Diagrammteil oder einer zusätzlichen Klasse "Sonstiges" zugeschlagen werden (*Hochrein* 1986, S. 44).

2.2.6.3 Platzierung von Diagrammsignaturen

Ebenfalls wichtig ist die Platzierung der Diagrammsignaturen in der Karte. Dabei wird nach dem Prinzip "Die grössten Diagrammsignaturen stehen in der Kartenebene hinten, die kleineren Signaturen werden darüber platziert." vorgegangen. Aneinander grenzende thematische Diagrammsignaturen sollten einen Mindestabstand zueinander einhalten oder so verdrängt werden, dass die oben liegende Signatur die darunter liegende bzw. das darunter liegende Signaturteil nicht vollständig überlappt. Mehr Informationen dazu finden sich bei Hochrein (1986, S. 46/47). In neuerer Zeit wird auch intensiv an automatischen Platzierungsalgorithmen geforscht (siehe Spiess/Hutzler 1993 sowie Glaydston/Lorena 2006).

2.2.6.4 Interaktionen

Bildschirmkarten haben gegenüber Papierkarten den Vorteil, dass erstere mit Interaktionen versehen werden können. Dadurch wird es dem Nutzer ermöglicht, seine Informationen auf eigenem Weg (ohne einen fix vorgegebenen Ablauf) zu suchen. Ein weiterer Vorteil ist das Unterbringen vieler Zusatzinformationen, die sonst in der Karte keinen Platz hätten. Diese können mit Interaktionen bei Bedarf angezeigt werden.

Die generellen Interaktionsmöglichkeiten in einer Bildschirmkarte sind vielfältig. Sie reichen von Funktionen zur thematischen Navigation (z. B. Themenwahl) über Funktionen zur räumlichen Navigation und Orientierung (z. B. Referenzkarte, Zoomen) und denen zur Visualisierung (z. B. Veränderung der Klassenbildung oder des Diagrammtyps) bis zu GIS-Funktionen (z. B. Abfragen oder Messungen von Distanzen) (*Sieber/Bär 1997*). Für diese Arbeit sind jedoch nur die Funktionen der räumlichen Navigation und der Visualisierung nötig, da mit den zu generierenden Diagrammsignaturen nur ein Thema dargestellt werden soll.

Für die räumliche Navigation werden üblicherweise Zoom- und Pan-Funktionalitäten (z. B. Vergrössern, Verkleinern, Verschieben) genutzt, unter Umständen wird sogar eine Möglichkeit zum adaptiven Zoomen¹⁴ angeboten (*Brühlmeier 2000*). Die Interaktionsmöglichkeiten zur Visualisierung hängen von den Aufgaben ab, die der Nutzer mit Hilfe der Karte lösen will. Nach *Jung* (1997) sind folgende Aufgaben denkbar:

- Werte finden
- Werte ablesen
- Werte vergleichen
- Trend erkennen
- Variablen vergleichen
- Korrelation erkennen

Daraus können sinnvolle Interaktionen abgeleitet werden, die diese Aufgaben lösen helfen:

- die Anzeige der Mengenwerte (nur für eine Signatur)
- die Änderung der Mengenwerte (nur für eine Signatur)
- die Manipulation des Signaturaussehens (nur für eine Signatur)
- die Manipulation des Signaturtyps (alle Signaturen einer Kartenebene)

Für diese Interaktionen benötigt der Nutzer eine Schnittstelle (z. B. ein grafisches Menü), um die Interaktionsoptionen festlegen zu können. Diese Schnittstelle kann durch verschiedene Ereignisse (Events) aufgerufen werden, üblicherweise durch einen (Rechts- oder Links-)Klick auf die Signatur oder Überfahren (Mouseover) der Signatur mit der Maus. Ebenfalls denkbar ist ein zeit- oder datenmengenbasierter Ansatz. In der Karte kann die Schnittstelle nach Auslösen des Ereignisses unter anderem als über der Karte schwebendes Fenster, als Kontextmenü oder als Tooltip dargestellt werden.

Adaptives Zoomen ist die Anpassung der Darstellung einer Karte an den Kartenmassstab, wobei die Kartenqualität (Informationsgehalt, -dichte, grafische Darstellung der Signaturen) immer als gut empfunden werden muss (nach *Brühlmeier 2000*, *S. 45*).

2.3 Diagrammsignaturgliederungen

In diesem Kapitel wird versucht, aus den Diagrammsignaturgliederungen der Literatur Hinweise für die Konstruktion von Diagrammsignaturen abzuleiten. Mehrere Autoren haben versucht, die Menge an Diagrammsignaturen zur Darstellung thematischer Inhalte zu unterteilen, um einen Überblick über die Möglichkeiten ihrer Visualisierung in der Karte zu gewinnen. Mit den Gliederungen wird immer ein bestimmter Zweck verfolgt, weshalb bei ihnen auch hauptsächlich vom Aussehen der Signaturen, vom darzustellenden Thema oder von arbeitstechnischen Überlegungen ausgegangen wird (*Imhof 1972*, *S. 98*). Da auch die Namen der jeweiligen Signaturtypen von Autor zu Autor differieren, soll nun auf die wichtigsten Einteilungen etwas näher eingegangen und eine kurze Bewertung der Taxonomien hinsichtlich ihres Einsatzes für die Signaturkonstruktion vorgenommen werden.

2.3.1 Taxonomie nach Bertin

- Diagramme
- Diagramme mit 2 Komponenten
- geradlinige Konstruktion
- rechtwinklige Konstruktion
- geradlinige Elevation
- kreisförmige Konstruktion
- Polar-Konstruktion
- kreisförmige Elevation
- Diagramme mit 3 Komponenten (Dreiecks-Konstruktion, unterteiltes Kurvendiagramm, Mosaikkarten)
- Netze
- Karten
- Symbole (bildhafte Signaturen)

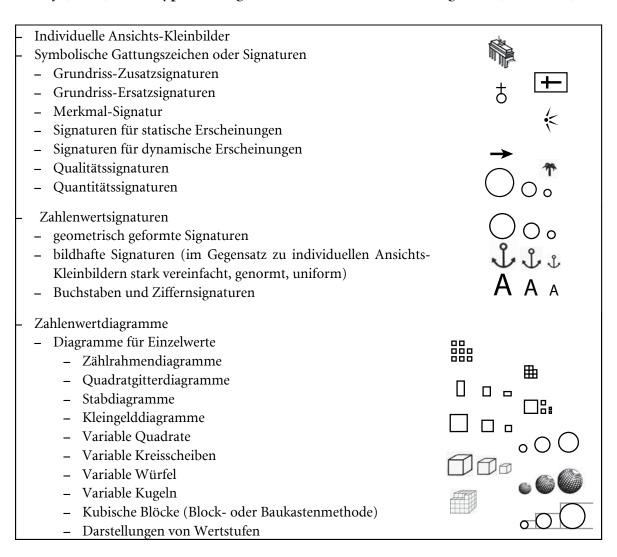
Tafel 2-1: Taxonomie der Signaturen nach Bertin (1974)

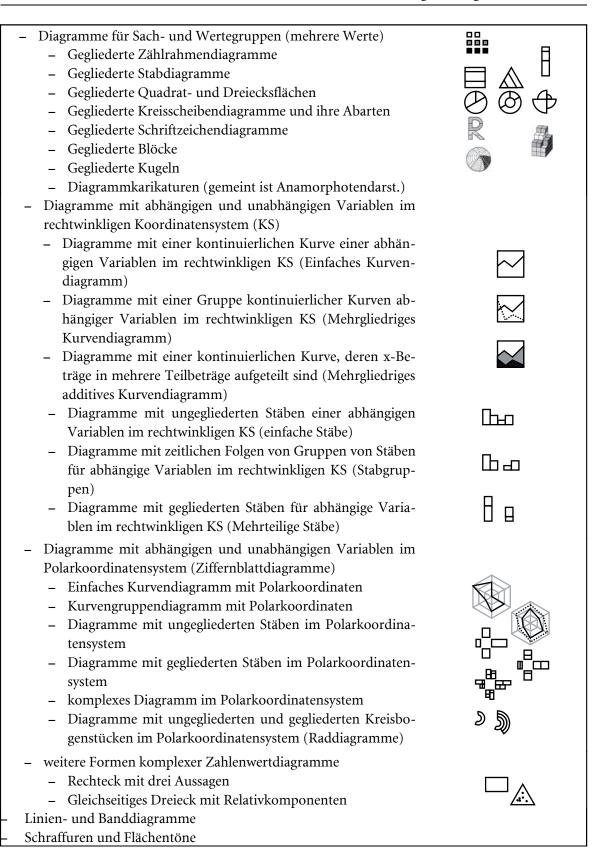
Bertin (1974) gliedert seine grafische Konstruktionen genannten Diagrammsignaturen in vier Typen (Tafel 2-1) hinsichtlich ihrer Konstruktion und der Anzahl der darstellbaren Komponenten. Diagramme werden von ihm losgelöst von der Karte betrachtet, können aber auch als Kartogramme in der Karte platziert werden. Diagramme werden anhand der Anzahl darzustellender

Komponenten und aufgrund ihrer Konstruktion unterteilt. Dazu definiert er Konstruktionstypen (geradlinig, rechtwinklig, kreisförmig usw.), mit denen die Primitiven im Diagramm angeordnet werden. Der Gliederungsansatz ist für die Konstruktion von Diagrammsignaturen sehr hilfreich, allerdings entstehen auch Missverständnisse. So können z. B. die Signaturen der geradlinigen Elevation und der rechtwinkligen Konstruktion nur durch die Proportionalität ihrer Signaturteile unterschieden werden.

2.3.2 Taxonomie nach Imhof

Imhof (1972) listet typische Signaturen in dieser Reihenfolge auf (Tafel 2-2):



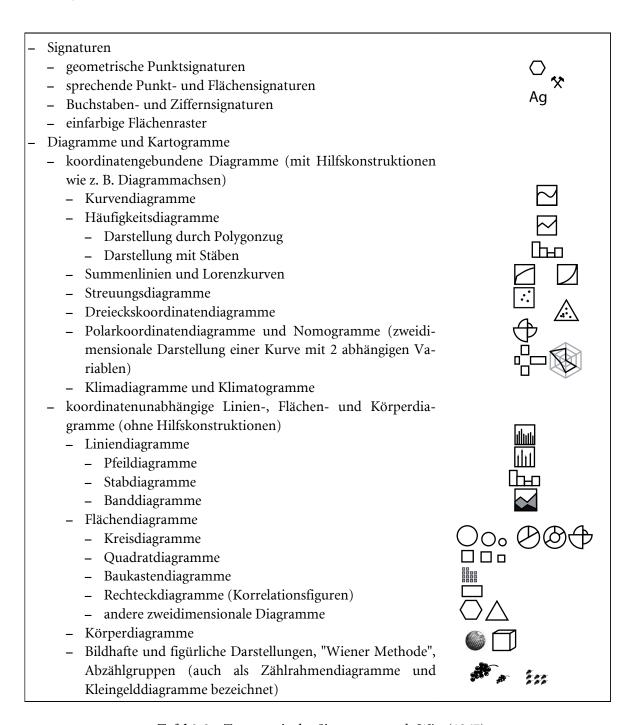


Tafel 2-2: Taxonomie der Signaturen nach *Imhof (1972)*

Die Einteilung von Imhof ist nach arbeitstechnischen Gesichtspunkten vorgenommen worden. Es werden nur die in seiner Zeit typischen Signaturen aufgelistet. Für die Konstruktion ist seine Einteilung nicht geeignet, da z. B. symbolische Gattungszeichen auch als Zahlenwertsignaturen genutzt werden könnten. Die Einteilung nach Quantität und Qualität wird auf der gleichen Ebene wie die nach statischen und dynamischen Erscheinungen behandelt. Damit ist die Einordnung z. B. von einem Pfeil mit wertproportionaler Breite (Quantität, dynamische Erscheinung) in beide Gruppen unmöglich. Auch abgestufte Ortssignaturen können nicht ohne weiteres zugeordnet werden, da sie eine Mischform aus Quantität und Qualität sind. Diagramme mit ungegliederten Stäben einer abhängigen Variablen im rechtwinkligen Koordinatensystem und Diagramme mit gegliederten Stäben für abhängige Variablen im rechtwinkligen Koordinatensystem sind von ihrer Konstruktion her identisch, nur dass eine Gruppe noch mit Achsen und Beschriftungen versehen ist. Die Unterteilung der Zahlenwertdiagramme in Diagramme für Einzelwerte und Diagramme für Sach- und Wertegruppen ist hingegen hilfreich für die Konstruktion.

2.3.3 Taxonomie nach Witt

Witt (1967) unterteilt Signaturen für thematische Karten wie in Tafel 2-3 beschrieben. Er geht bei seiner Einteilung vom Aussehen der Signaturen (z. B. Kurvendiagramme, Polarkoordinatendiagramme) aus, gliedert sie aber teilweise auch nach dem darzustellenden Thema (z. B. Klimadiagramme, Häufigkeitsdiagramme). Die Einteilung ist für die Konstruktion nicht geeignet, da er unter anderem nicht kennzeichnet, ob die Signatur für die Darstellung eines oder mehrerer Werte geeignet ist. Interessant für die Signaturkonstruktion ist die Unterteilung in koordinatengebundene und -unabhängige Diagramme. Ungünstig ist hingegen, dass bei Witt wertproportionale Kreise und Kreissektorendiagramme unabhängig von ihrer Konstruktion und ihren Darstellungsmöglichkeiten unter einem Begriff Kreisdiagramme zusammengefasst werden. Punkte, Linien, Flächen und Körper als grafische Grundprimitiven werden nur bei den koordinatenunabhängigen Diagrammen als Einteilungsmerkmal benutzt, ansonsten finden sich auf einen Koordinatenpunkt bezogene Diagramme neben linearen und flächenbezogenen Signaturen wieder (z. B. geometrische Positionssignaturen neben einfarbigen Flächenrastern). Ein weiteres Problem ist die Unterordnung der Stabdiagramme unter die Liniendiagramme. Gleichzeitig tauchen Darstellungen mittels Stäben auch in der Kategorie Häufigkeitsdiagramme auf. Wie bei Imhof ist auch hier der einzige Unterschied, dass die Stäbe mit Achsen versehen sind.



Tafel 2-3: Taxonomie der Signaturen nach Witt (1967)

2.3.4 Taxonomie nach Arnberger

Arnberger (1977) versucht mit Hilfe von vier Grundprinzipien, die kartografischen Ausdrucksformen zu untergliedern:

- Lageprinzip oder topografisches Prinzip (eher für qualitative oder klassifizierte bildhafte Signaturen)
- Diagrammprinzip (z. B. Kreissektorendiagramme)
- bildstatistisches Prinzip (z. B. Zählrahmendiagramme)
- bildhaftes Prinzip (z. B. bildhafte Signaturen)

Eine tiefere Untergliederung zeigt Tafel 2-4:



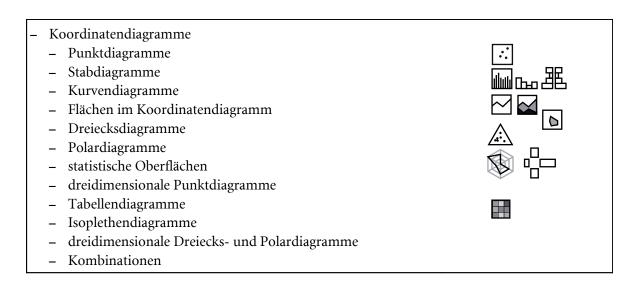
Tafel 2-4: Taxonomie der Signaturen nach *Arnberger* (1977)

Arnberger gliedert die Diagrammsignaturen sowohl nach dem darzustellenden Thema (z. B. Bewegungssignaturen), als auch nach dem Signaturaussehen (z. B. Säulendiagramme). Seine Taxonomie ist für die Konstruktion nicht geeignet, da unter anderem Hilfskonstruktionen wie Unterstreichungen als eigener Signaturtyp deklariert werden. Es wird nur indirekt nach der Anzahl der darzustellenden Daten unterschieden. Nur anhand ihrer Breite unterscheidet Arnberger Stäbchendarstellungen und Säulendarstellungen. Für die Signaturkonstruktion unerheblich ist auch die Kennzeichnung von Flächensignaturen (auf eine Fläche bezogene Signaturen). Interessant ist die Einteilung der Kartogramme nach ihrer Dimension (Körper, Flächen usw.).

2.3.5 Taxonomie nach Schröder

Schröder (1985) untersucht nur Diagramme ohne Raumbezug und unterscheidet dabei die in Tafel 2-5 aufgeführten Typen. Generell strukturiert er Diagramme nach dem Darstellungsprinzip und dem Aussehen der Diagramme. Schröder unterteilt wie Witt die Diagramme in koordinatenunabhängige und in Koordinatendiagramme. Allerdings ist seine Einteilung für die Konstruktion von Diagrammsignaturen nicht geeignet, da sowohl qualitative Diagramme (Venndiagramm, Liniendiagramm) als auch statistische Oberflächen in die Gliederung aufgenommen werden.

– Koordinatenunabhängige Diagramme	
– Abzähldiagramme	000 0000 0000
- Streckendiagramme	 Deo
– Flächendiagramme	
 Kreisdiagramme 	
 Darstellung absoluter Werte 	O_{O_0}
 Darstellung der Zusammensetzung absoluter Werte 	Φ
- Darstellung von Prozentanteilen im sachlichen, zeitli-	$oldsymbol{arphi}$
chen oder regionalen Vergleich	DD0
 Darstellung von sich inhaltlich ergänzenden Werten 	(A. A)
mittels gekoppelter Diagramme	$\triangle \emptyset$
 Darstellung des Vergleichs absoluter Werte mittels in- 	<u></u>
einandergesetzter Kreisflächen	W
 Rechteckdiagramme (Korrelationsfigur) 	
– Körperdiagramme	
- Venndiagramme	
- Liniendiagramme (Linien in Beziehungsgefüge, Netz- oder	
Flussdiagramm)	



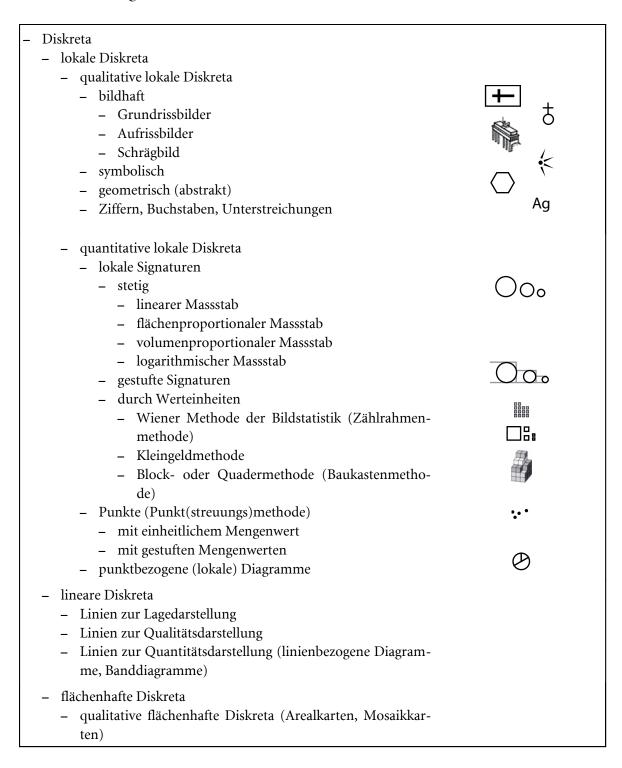
Tafel 2-5: Taxonomie der Diagramme nach Schröder (1985)

Für die Konstruktion unerheblich ist auch die Einteilung nach Streckendiagrammen (bzw. koordinatenunabhängigen Stabdiagrammen) und Stabdiagrammen (koordinatenabhängig), da sich beide Diagrammtypen nur hinsichtlich ihrer Hilfskonstruktionen (Diagrammachsen + Achsenbeschriftung) unterscheiden.

2.3.6 Taxonomie nach Hake/Grünreich/Meng

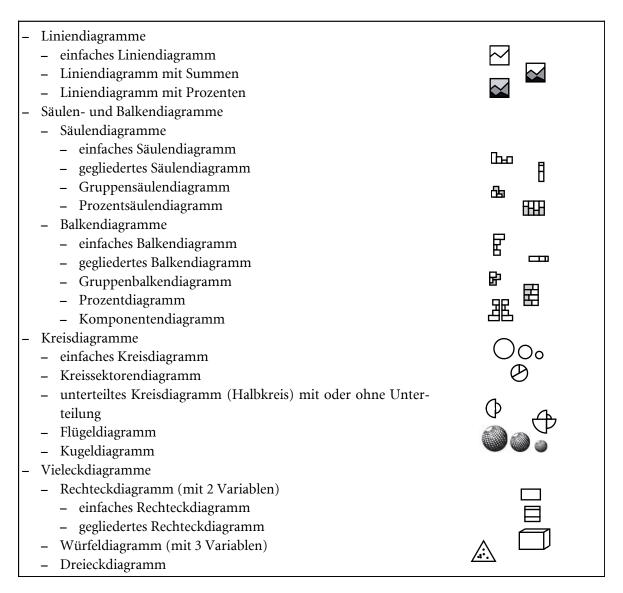
Hake et al. (2002, S. 122 ff., S. 133 ff. bzw. S. 466 ff.) unterscheiden die in Tafel 2-6 aufgeführten Darstellungsmöglichkeiten in Karten. Sie gliedern Signaturen nach ihrem Objektmerkmal (diskret, kontinuierlich) und ihrem räumlichen Bezug (punktbezogen, linienbezogen, flächenbezogen). Das Skalenniveau (für quantitative oder qualitative Daten) ist ein weiteres vertiefendes Unterscheidungskriterium. Die Einteilung ist für die Konstruktion interessant, da nach den oben genannten Kriterien untergliedert wird. Für die Konstruktion von Signaturen unerheblich ist die Unterscheidung von auf einen Koordinatenpunkt bezogenen und auf die Fläche bezogenen Diagrammen. Als zusätzliche Gruppe wird bei den qualitativen lokalen Diskreta (anders als bei den anderen Autoren) eine weitere Gruppe "symbolische" Signaturen (z. B. Blitzzeichen für Hochspannung) eingeführt, die jedoch von der Gruppe der bildhaften Signaturen sehr schwer abgegrenzt werden kann und sich hinsichtlich ihrer Konstruktion nicht von ihr unterscheidet. Eine Unterteilung der punktbe-

zogenen oder flächenbezogenen Diagramme wird nicht angeboten. Interessant ist auch die Gliederung der quantitativen lokalen Diskreta in lokale Signaturen, lokale Diagramme und Punkte.



 ungegliederte flächenbezogene Quantitäten Gebietssignaturen, Signaturenkartogramm 	\bigcirc 0 \circ
 Kartenanamorphosendarstellung Choroplethen gegliederte flächenbezogene Quantitäten Kartodiagramme Streifendiagramm Kontinua (Isolinien, Wertefelder) 	Θ

Tafel 2-6: Taxonomie der Darstellungsmöglichkeiten in Karten nach Hake et al. (2002)



Tafel 2-7: Taxonomie der Diagramme nach *Keller* (1989)

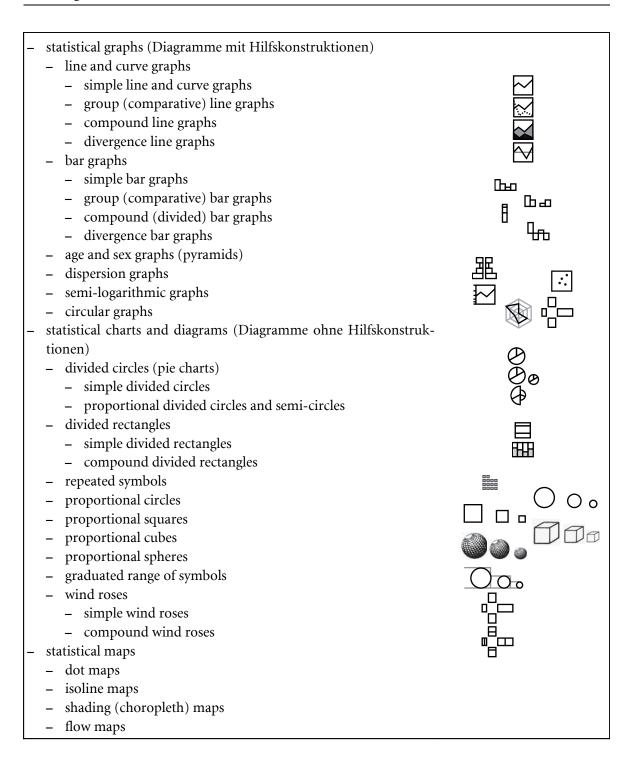
2.3.7 Taxonomie nach Keller

Keller (1989, S. 70 ff.) unterscheidet Diagramme nach ihrer benutzten geometrischen Form (Tafel 2-7). Eine weitere Untergliederung findet nach der Gliederungsstufe (einfach, gegliedert) oder nach dem Darstellungszweck (Prozentsäulendiagramm für Prozentwerte) statt. Der Ansatz ist im Hinblick auf eine Konstruktion von Diagrammsignaturen interessant, aber aufgrund der wenigen untersuchten Formen nicht sehr detailreich.

Weitere Unterteilungen wurden von Freitag und Pillewizer vorgenommen. Eine Zusammenfassung dieser Gliederungen ist bei *Witt (1967, S. 222-224)* zu finden. Auch in der englischsprachigen Literatur finden sich diverse Gliederungen (siehe unten). Eine weitgehend vollständige englischsprachige Unterteilung kommt von Truran.

2.3.8 Taxonomie nach Truran

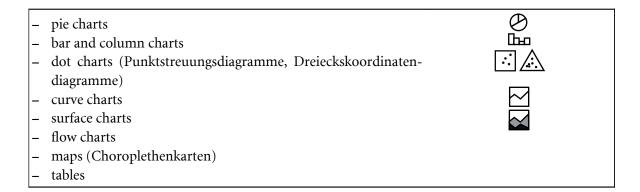
Truran unterscheidet Signaturen für die Darstellung statistischer Daten nach der Benutzung von Hilfskonstruktionen (Diagrammachsen, Achsenbeschriftung usw.) (Tafel 2-8). Weitere Unterteilungen werden nach dem darzustellenden Thema (z. B. age and sex graphs), nach dem Signaturaussehen (z. B. bar charts), nach der benutzten Skala (z. B. semi-logarithmic graphs) und nach der Stetigkeit der Daten (z. B. graduated range of symbols, proportional circles) vorgenommen. Für die Konstruktion ist diese Signatureinteilung nicht geeignet, da es für die Konstruktion von Signaturen unerheblich ist, ob Hilfskonstruktionen genutzt werden. Auch ist diese Einteilung nicht vollständig. So werden zum Beispiel Flügeldiagramme mit mehr als zwei Flügeln und polare Kurvendiagramme von Truran nicht erwähnt. Nach Meinung von Truran darf die Gruppe "statistical graphs" nicht in eine Karte übernommen werden, womit vor allem Kurven- und Säulendiagramme als Darstellungsmittel ausfallen würden (*Truran 1975*, *S. 3*).



Tafel 2-8: Taxonomie der Darstellungsmöglichkeiten in Karten nach *Truran* (1975)

2.3.9 Taxonomie nach White

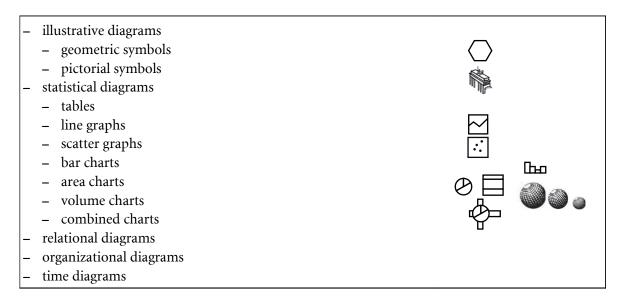
White (1984) untersucht nur Diagramme ohne Geobezug und unterteilt sie in



Tafel 2-9: Taxonomie der Signaturen nach White (1984)

White geht bei seiner Unterteilung der Diagramme vom Aussehen des Diagramms bzw. den benutzten Primitiven aus (Tafel 2-9). Die Einteilung ist nicht vollständig (es fehlen z. B. polare Flächendiagramme) und ist daher auch für die Konstruktion nicht geeignet.

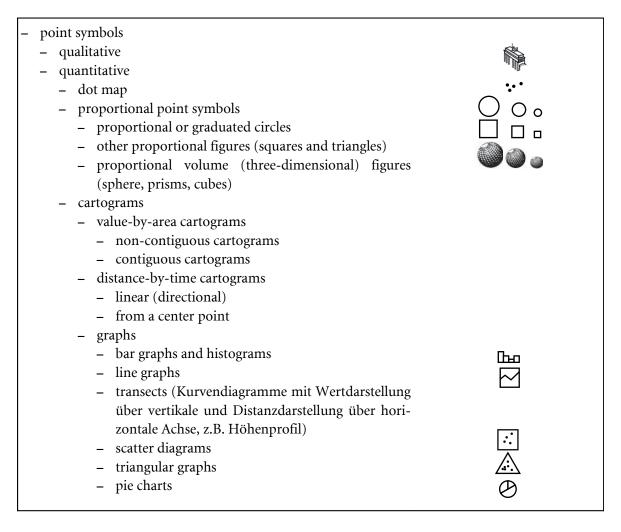
2.3.10 Taxonomie nach Bounford



Tafel 2-10: Taxonomie der Signaturen nach Bounford (2000)

Auch *Bounford* (2000) untersucht hauptsächlich Diagramme ohne Geobezug. Er ordnet bildhafte und geometrische Signaturen den Diagrammen zu. Er unterteilt Diagramme nach dem darzustellenden Thema (Statistik, Organisationen, Zeit) (Tafel 2-10). Erst innerhalb dieser Gruppen werden die verschiedenen grafischen Ausprägungen aufgelistet. Daher ist diese Gliederung nicht für die Signaturkonstruktion geeignet.

2.3.11 Taxonomie nach Tyner



Tafel 2-11: Taxonomie der Signaturen nach *Tyner* (1992)

Tyner unterscheidet die Positionssignaturen in Karten nach ihrer qualitativen oder quantitativen Darstellung (Tafel 2-11). Die Gliederung ist für die Konstruktion von Signaturen nicht geeignet, da die Diagramme bei ihr teilweise

nach ihrem Zweck unterteilt werden (z. B. Kurvendiagramme in normale Kurvendiagramme und Höhenprofile). Auch ist die Einteilung nicht vollständig.

2.3.12 Fazit

Es gibt so viele Signaturgliederungen wie Autoren. Es hätten problemlos noch weitere Taxonomien (z. B. von Lockwood (1969), Robinson (1984), Dent (1999) und Slocum (2005)) aufgelistet werden können. Die bisherigen Gliederungen bieten jedoch einen hinreichenden Überblick. Eine ihrer typischen Schwächen ist die Unterteilung nach dem Darstellungszweck der Signatur, da jede Signatur auch für andere Themen genutzt werden kann. Häufig wird auch nach dem Darstellungsmittel (z. B. Stäbe, Kurven, etc.) unterschieden. Die Autoren differenzieren jedoch nur wenige ausgesuchte Formen und beschränken sich bei diesen auf Spezialfälle (z. B. Halbkreisscheibendiagramme). Auch die Unterteilung in koordinatengebundene und koordinatenunabhängige Diagrammsignaturen wirft Probleme auf, da Signaturen zum Teil als beiden Gruppen zugehörig betrachtet werden können (z. B. Rechteckdiagramme). Daher sind die untersuchten Taxonomien bis auf wenige interessante Ansätze (z. B. Bertin) nicht oder nur bedingt für die Signaturkonstruktion geeignet, da sich aus den Gliederungen nicht direkt Konstruktionshinweise ableiten lassen. Deshalb soll nach einer umfassenden Analyse der Signaturen nach Konstruktionsgesichtspunkten eine für diesen Zweck sinnvolle Taxonomie erstellt werden.

2.3.13 Namensgebung

Auch die Namensgebung ist sowohl im deutschsprachigen als auch im englischsprachigen Raum sehr heterogen. Sehr häufig werden bildhafte Umschreibungen zur Bezeichnung von Diagrammsignaturen genutzt, z. B. deutschsprachige Bezeichnungen wie Winddiagramm, Ziffernblattdiagramm (beide für polare Stabdiagramme), Tortendiagramm (für Kreissektorendiagramm) oder Flügeldiagramm (für Kreissektoren mit konstantem Winkel und variablem Radius) bzw. englischsprachige Bezeichnungen wie Star Graph, Wind Rose Chart (alle beide für polare Stabdiagramme) oder Pie Chart (für Kreissektorendiagramme). Ähnlich häufig werden Diagrammsignaturen mit dem darstellenden Thema beschrieben, z. B. deutschsprachige Bezeichnungen wie Alterspyramide (Darstellung des Alters der Bevölkerung) oder Bevölke-

rungspyramide (Darstellung einer Struktur der Bevölkerung nach Alter oder Geschlecht usw.) bzw. englischsprachige Bezeichnungen wie Correlation Graph, Dispersion Graph (für Punktstreuungsdiagramme) oder Population Pyramid (bipolares Stabdiagramm). Während sich einige Bezeichnungen durchgesetzt haben (z. B. Pie Chart), hat sich für andere noch keine allgemeingültige Bezeichnung herausgebildet. Auch kartografische Wörterbücher wie ICA (1973) und Neumann (1997) helfen nicht weiter, da dort zum grössten Teil nur nicht gebräuchliche Übersetzungen und Bezeichnungen zu finden sind. Zum Beispiel ergibt eine Suche im Internet nach Kreissektorendiagrammen mit dem Begriff "sector diagram" alle möglichen Diagramme, aber kaum ein Kreissektorendiagramm. Der Begriff "pie chart" liefert dagegen eine ganze Liste. Eine gute Übersicht über die gebräuchlichen englischsprachigen Namen bietet Harris (1999). Im Anhang I findet sich eine ungeordnete Liste der gefundenen Diagrammsignaturnamen aus der Literatur.

2.4 Bestehende Ansätze der Signaturkonstruktion

2.4.1 Theoretische Konstruktionsansätze

Bislang wurden die geometrischen Grundelemente und Eigenschaften der Diagrammsignaturen sowie deren Gliederung in der Literatur untersucht. Nun werden die bestehenden Ansätze zur Konstruktion von Diagrammsignaturen näher beleuchtet. Dabei ist nicht der Grad der Automation entscheidend (vollautomatisch, interaktiv, manuell), sondern die Art der Signaturkonstruktion.

Generell können als theoretische Konstruktionsansätze das Zusammensetzungsprinzip und das Unterteilungsprinzip unterschieden werden. Während beim erstgenannten die Grundelemente wie Kreise, Pfade, Rechtecke usw. in bestimmter Reihenfolge und Anordnung zu Signaturen zusammengesetzt werden, werden beim Unterteilungsprinzip Signaturen zerschnitten und damit neue erzeugt (Abb. 2-16). Dabei ist das Unterteilungsprinzip nicht so flexibel anwendbar wie das Zusammensetzungsprinzip (z. B. bei Säulendiagrammen), weshalb es auch kaum praktische Anwendungen dafür gibt. Ein Anwendungsbeispiel ist das Vektorgrafikprogramm CorelDraw, bei dem ein Kreissektor durch Ausschneiden aus einem Kreis konstruiert wird. Es wird also von einer Grundform ausgegangen und diese immer weiter unterteilt.

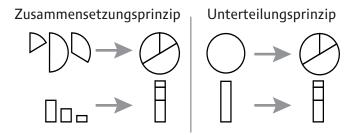


Abb. 2-16: Zusammensetzungs- vs. Unterteilungsprinzip

In der Literatur finden sich nur sehr wenige Theorien, die sich mit der Konstruktion von Diagrammsignaturen beschäftigen. So schreibt *Kottenstein* (1992, S. 22): "Das Wissen über die Konstruktion und Gestaltung von thematischen Karten liegt bisher nur vor in Form von Lehrbüchern zur thematischen Kartographie, die zum Teil unterschiedliche Meinungen vertreten, subjektiven Erfahrungen von Kartographen oder heuristischen Regeln." Die wichtigsten sollen nun kurz beschrieben werden.

2.4.1.1 Konstruktionstheorie von Bertin

Bertin untersucht viele Teilprobleme der Signaturkonstruktion, kann aber nur bedingt eine gesamtheitliche Konstruktionstheorie präsentieren. Nach seiner Idee ist jede grafische Darstellung ein grafisches System, welches aus drei Dimensionen besteht. Die erste Dimension bestimmt den Typ der Darstellung (Imposition). Dort kann zwischen Diagrammen, Netzen, Symbolen und Karten unterschieden werden. Die zweite Dimension bestimmt den geometrischen Typ der Darstellung (Implantation). Hier kann zwischen punkthaften, linienhaften und flächenhaften Objekten unterschieden werden. Die dritte Dimension bestimmt die grafische Darstellung. Hier kommen die sechs grafischen Variablen (siehe Kapitel 2.2.4) zum Tragen.

Als Anwendung dieses grafischen Systems versucht Bertin, die Diagrammsignaturen und Diagramme ohne Geobezug in ihre grundlegenden Bausteine zu zerlegen, zu analysieren und deren visuelle Eigenschaften und Ausdrucksfähigkeiten zu charakterisieren. Daraus baut er Konstruktionstypen auf, so dass im praktischen Einsatz die wirksamste Darstellungsform gefunden werden kann. Bertin verwendet dazu verschiedenste Grundelemente und ordnet sie in bestimmten Richtungen an. Daher ist sein Ansatz dem Zusammensetzungsprinzip zuzuordnen.

Grundlagen 53

Abb. 2-17: Beispiele für die Diagrammkonstruktion nach Bertin (1974)

Bertin (1974, S. 62/63) unterscheidet unter anderem sechs Konstruktionshaupttypen für Diagramme mit zwei Komponenten (siehe Kapitel 2.3.1).

Die geradlinige Konstruktion stellt die Summe aller Werte als Gerade dar. Die Teilwerte werden proportional als Teilstrecken auf der Geraden abgetragen. Alternativ können die Werte auch kumuliert werden. Die quantitative Komponente (Werte) und die Darstellungskomponente (Richtung der abzutragenden Werte) befinden sich auf der gleichen Achse. Der zweiten Dimension der Ebene kommt keine Bedeutung zu, da sie lediglich zur besseren Lesbarkeit dient. Das Diagramm bildet eine in sich geschlossene Form (*Bertin 1974*, S. 62). Ein Beispiel dafür ist der unterteilte Stab (Abb. 2-17a).

Bei der rechtwinkligen Konstruktion werden die Einzelwerte von einem Punkt aus abgetragen. Zur besseren Les- und Unterscheidbarkeit werden die Diagrammteile nebeneinander angeordnet. Somit werden beide Dimensionen der Ebene genutzt, da die quantitative Komponente (Werte) in eine Richtung abgetragen und die Darstellungskomponente senkrecht dazu gezeichnet wird. Der Vorteil dieser Konstruktion ist die gute Vergleichbarkeit der Teilformen miteinander, dafür hat dieses Diagramm keine in sich geschlossene Form (Bertin 1974, S. 62). Ein Beispiel dafür ist das Stabdiagramm (Abb. 2-17b).

Die geradlinige Elevation stellt die Teilwerte über Flächen dar. Die Flächen der Quadrate, Dreiecke oder Kreise werden proportional zum jeweiligen Teilwert verändert. Das Seitenverhältnis der Formen bleibt immer konstant. Die Seitenlängen stehen im festen Verhältnis zum jeweiligen Wert. Die quantitative Komponente wird also mittels beider Dimensionen der Ebene dargestellt. Die Teilformen können sich überlagern oder nebeneinander angeordnet werden (Abb. 2-17c). Somit ist die Darstellungskomponente meist gleich einer Dimension der Ebene. Die Vergleichbarkeit der Formen untereinander ist erschwert, das Diagramm bildet keine in sich geschlossene Form (*Bertin 1974*, *S. 62*).

Ähnlich zur geradlinigen werden bei der kreisförmigen Konstruktion Werte auf einem Kreisbogen abgetragen. Somit können nur proportional zur Gesamtlänge des Kreisbogens Teilwerte abgetragen werden. Die Teilstücke sind um einen Zentrumspunkt kreisförmig angeordnet, wodurch das Diagramm eine in sich geschlossene Form bildet. Die quantitative Komponente und die Darstellungskomponente verlaufen beide kreisförmig um den Zentrumspunkt. Die visuelle Schätzung der Winkel ist laut Bertin einfacher als das Abschätzen der Bogenlänge der Teilstücke (*Bertin 1974*, *S. 63*). Ein Beispiel dafür ist das Kreissektorendiagramm (Abb. 2-17d).

Wie bei der rechtwinkligen Konstruktion werden bei der Polarkonstruktion Einzelwerte von einem Punkt aus abgetragen. Diese Diagrammteile werden kreisförmig um einen Zentrumspunkt angeordnet. Während also die quantitative Komponente sternförmig vom Zentrumspunkt nach aussen abgetragen wird, ist die Darstellungskomponente kreisförmig um den Zentrumspunkt angeordnet. Die Summe der Einzelwerte bildet keine in sich geschlossene Form. Die Teilwerte sind schwer miteinander vergleichbar (*Bertin 1974*, *S. 63*). Beispiele dafür sind das Flügeldiagramm oder das polare Stabdiagramm (Abb. 2-17e).

Auch die Quadrate oder Kreise der geradlinigen Elevation können kreisförmig um einen Zentrumspunkt angeordnet werden (kreisförmige Elevation). Dabei werden die Teilwerte über Flächen dargestellt. Als quantitative Komponente werden die zwei Dimensionen der Ebene genutzt, als Darstellungskomponente die kreisförmige Anordnung um den Zentrumspunkt (*Bertin 1974*, *S. 63*). Ein Beispiel dafür ist das polare Flächendiagramm (Abb. 2-17f).

Zählrahmendiagramme und andere Signaturen (z. B. Baukastendiagramme), die nicht in die sechs Konstruktionshaupttypen passen, werden von Bertin nicht betrachtet.

2.4.1.2 Konstruktionstheorie von Wilkinson

Wilkinson geht bei seiner Konstruktionstheorie für Diagramme nach dem objektorientierten Ansatz vor. Auch er analysiert die Diagramme auf ihre Bestandteile und Eigenschaften und konnte Komponenten der Diagramme extrahieren (Abb. 2-18). Daraus setzt Wilkinson jedes Diagramm (ohne Geobe-

Grundlagen 55

zug) zusammen, womit seine Theorie dem Zusammensetzungsprinzip folgt. Wilkinson (1999, S. 6 ff.) benutzt dazu eine Art Beschreibungssprache, die sieben Komponenten der Diagramme beschreibt:

- data (Daten)
- trans (Transformationen)
- frame (Inhaltsvariablen, z. B. Geburt x Sterberate)
- scale (Massstab)
- coord (Koordinatensystem, z. B. polar)
- graph (geometrische Primitiven und ihre Visualisierungsattribute)
- guide (Hilfsmittel und Zusatzinformationen, z.B. Hilfslinien, Achsen, Legenden)

FRAME: female
COORD: polar.theta()
GRAPH: bar(label(response), color(response), position.stack())



Abb. 2-18: Aufbau eines Diagramms nach Wilkinson (1999)

Diese Beschreibung muss dann in eine Grafik umgesetzt werden. Wilkinson trennt in seiner Beschreibung geometrische Primitiven nicht von ihren Visualisierungsattributen. Trotzdem sollten laut *Wilkinson (1999, S. 118)* die Eigenschaften der Signaturen in die Signaturgestaltung (Form) und die Signaturoberfläche (Surface) untergliedert werden. Dadurch können reine Konstruktionsattribute (Position, Grösse, Form, Rotation (Orientierung)) und grafische Attribute (Farbton, Farbwert, Farbsättigung, Texturmuster, Texturkörnung, Texturorientierung) unterschieden werden. Während die reinen Konstruktionsattribute die Gestalt der Diagrammsignatur bestimmen, werden die grafischen Attribute als ästhetische Repräsentation der Diagrammsignatur eingesetzt.

2.4.2 Praktische Umsetzungen

Die oben genannten Prinzipien werden in der Praxis unterschiedlich umgesetzt. Die verwendeten Konstruktionsansätze können nach ihrer Flexibilität untergliedert werden in Ansätze, die

- Signaturbibliotheken,
- Skripte,
- Beschreibungssprachen

verwenden. Nachfolgend sollen die drei Ansätze anhand von Beispielen etwas näher erläutert werden.

2.4.2.1 Signaturkonstruktion mittels Signaturbibliotheken

Dieser Konstruktionsansatz wird heute in den meisten Programmen verwendet. Eine Signaturbibliothek ist eine Sammlung von Funktionen, die genau einen Signaturtyp beschreiben und in einer Programmiersprache programmiert sind. In diese Funktion müssen die Daten und sonstigen Eingabeparameter (z. B. grafische Eigenschaften) eingegeben werden, ausgegeben werden die Diagrammsignaturen. Diese Bibliothek ist in das jeweilige Grafikprogramm eingebettet. Beispiele für Software, die solch einen Konstruktionsansatz verwenden, sind GIS (z. B. Esri ArcGIS, Intergraph Geomedia), Vektorgrafikprogramme (z. B. Adobe Illustrator, Corel CorelDraw, Inkscape) und Kartenkonstruktionsprogramme (z. B. Golden Software MapViewer, GraS Themak2). Der Ansatz ist wenig flexibel, da die Signatur fix vorprogrammiert wird und im Nachhinein durch den Nutzer nicht mehr verändert werden kann. Selbst "KAREMO", ein kartografischer Prototyp zur Erstellung thematischer Karten, nutzt vordefinierte Kartentypen und kann nur eine geringe Anzahl Diagramme generieren (Kottenstein 1992, S. 57 ff.). Nur wenig mehr Diagrammtypen kann die Software "CarThema" (ebenfalls für die Erstellung thematischer Karten) vom Bundesamt für Statistik in Neuchâtel generieren. Sie ist allerdings für gedruckte Karten gedacht. Die in den Programmen genutzten Signaturbibliotheken sind jedoch direkt in diese Programme integrierbar und einfach nutzbar, wenn auch nur programm- und plattformabhängig. Gleichbleibende Befehle müssen für jede Signatur immer wieder neu programmiert werden.

Beispielsweise wurde für das Vektorgrafikprogramm Adobe Illustrator ein Plugin (*Hutzler 2006*) geschrieben, welches unter anderem Kreissektorendiagramme in Illustrator-Karten erzeugen und platzieren kann (*Hutzler/Werner 2005*). Berechnungsfunktionen, programmabhängiger Code und Grafikbefehle werden nicht separat abgelegt (Tafel 2-12). Dadurch funktioniert dieses Plugin nur in einer Programmversion, bei einer Versionsänderung muss der programmierte Code wieder angepasst werden. Eine ähnliche Lösung für Flügeldiagramme wurde von *Baas (2000)* für Microsoft Excel und CorelDraw präsentiert.

Grundlagen 57

```
#include "IllustratorSDK.h"
#include "common.h"
#include "thm.h"
#include "ATETextSuitesExtern.h"
extern short pieDiagrams( AIFilterMessage *message)
       using namespace ATE; AIArtHandle textFrame = NULL; AILayerHandle layer;
       AIArtHandle artGroup;
       parms_t **parms3 = (parms_t**)((*message).d.globals);
       parms = (parms_t **) message->parameters;
       for (i=h;i<numberOfPlaces + h;i++) {
         geomSize = diagrammFaktor * pow ((*pCP)[i].Sum,1.0/diagrammWurzel);
         error = sAIArt->NewArt (kPathArt, kPlaceInsideOnBottom, bindGroup, &path);
         sprintf(buffer1,"%d",(long)value[j]);
         ai::UnicodeString valueName(buffer1);
         error = sAIArt->SetArtName( path, valueName );
         error = sAIPath->SetPathSegmentCount( path, 0 );
         curSwatch = sAISwatchList->GetNthSwatch(NULL,diagrammColor
                     +COLOROFFSET+j);
         sAISwatchList->GetAIColor(curSwatch,&swatchColor);
         error = sAIPathStyle->SetPathStyle(path, &cstyle);
         error = sAIPath->SetPathSegments( path, 0, 1, &pnt );
```

Tafel 2-12: Auszüge aus einer Signaturbibliothek nach *Hutzler* (2006)

2.4.2.2 Signaturkonstruktion mittels Skripten

Der zweite Ansatz basiert auf Skripten und ist viel flexibler, da die Parameter durch den Nutzer angepasst werden können. Allerdings sind Programmierkenntnisse nötig, um diesen Ansatz nutzen zu können. Auch hier wird eine Funktion programmiert, die jedoch ohne Kompilierung direkt in das Programm eingebunden wird. Beispiele für diesen Ansatz sind CartoML (für komplexe Diagrammsignaturen wie bipolare Stabdiagramme) (Tafel 2-13) und der Diagramm-Webservice von *Schmid/Weber* (2006).

```
function draw_pie_chart (x, y, scale, values) {
        var nv = Value.get_num_values (values);
        var value = Value.get_value_by_index (values, 0);
        if (value > 0) {
                var r = g_min_radius + g_symbol_scale * Math.sqrt (value) * scale;
                var steps = Math.floor((r - 2.5) * 2);
                if (steps < 1) steps = 1;
                g.set rgb stroke color (100, 100, 100);
                g.set line width (0.5);
                var start = 0; var sum = 0; var data = new Array()
                for (i = 1; i < nv; ++i) {
                        sum += data[i - 1] = Value.get_value_by_index (values, i);
                data[nv - 1] = value - sum;
                sum = 0;
                for (i = 0; i < nv; ++i) {
                        sum += data[i];
                        var end = get_angle (sum, value, steps);
                        if (end > start) {
                                 set_fill_color (i);
                                 g.begin_path ();
                                 g.add_sector (x, y, r, start, end);
                                 g.close_path ();
                                 g.end_path ();
                                 g.fill_path();
                        start = end;
                g.begin_path ();
                g.add_circle (x, y, r);
                g.end_path();
                g.stroke_path();
```

Tafel 2-13: Beispiel eines Skripts nach Bär (2003)

Grundlagen 59

2.4.2.3 Signaturkonstruktion mittels Beschreibungssprachen

Der dritte Ansatz ist der flexibelste. Beschreibungssprachen sind beliebig erweiterbar, einfach und verständlich sowohl für den Nutzer als auch für das Programm, welches sie interpretiert. Beschreibungssprachen sind programmunabhängig und können über Transformationsmodule in Programme eingelesen und interpretiert werden. Für die Erstellung von Beschreibungssprachen hat sich XML (eXtensible Markup Language) als Technik durchgesetzt. Der Ansatz wird zum Beispiel in CartoML, SLD und XMGrace genutzt.

CartoML

CartoML (Cartography Markup Language) ist eine XML-basierte kartografische Beschreibungssprache, die am Institut für Kartografie der ETH Zürich entwickelt wurde. Die Sprache ist hierarchisch gegliedert. Mehrere Kartenebenen (layer) werden zu Karten (map) zusammengefasst. Diese wiederum können zu Atlanten (atlas) zusammengestellt werden. CartoML bietet die Möglichkeit, Projektionen, geometrische Transformationen und Klassierungen zu integrieren. Zur Konstruktion von Signaturen werden vordefinierte und in die Beschreibungssprache integrierte Positionssignaturen wie wertproportionale Kreise, Quadrate, Sterne und Bilder genutzt. Für komplexere Signaturen wie Diagrammsignaturen kann auch ein skriptbasierter Ansatz (Javascript) verwendet werden.

Um eine Diagrammkarte zu erstellen, ist ein Javascript des Diagramms zu programmieren und in der Beschreibung zu verlinken. Die Signaturierung eines Kreissektorendiagramms würde in CartoML wie in Tafel 2-14 beschrieben aussehen. CartoML hat allerdings den Nachteil, dass die meisten Signaturen nur per Javascript erstellt werden können. Besonderheiten wie Bevölkerungspyramiden mit einer blauen linken und roten rechten Seite, bei der ein bestimmter Balken grün eingefärbt ist, sind sehr schwierig zu programmieren. Dafür ist die Beschreibung sehr kurz gehalten, was wiederum die Lesbarkeit erhöht.

```
<symbolization>
      <strokeattribute>
              linewidth>0.5 mm</linewidth>
              <color>#ff000000</color>
      </strokeattribute>
      <datacube name="pie_sec">
             <var>
                     <dimension name="TIME" value="1999a00">
                            <cell name="SECTORS" value="a_b"/>
                            <cell name="SECTORS" value="c_to_f"/>
                            <cell name="SECTORS" value="g_to_p"/>
                     </dimension>
              </var>
              <pointsymbol>
                     <minsize>8</minsize>
                     <maxsize>80</maxsize>
                     <maxvalue>5233</maxvalue>
                     <script>
                            <scalefunction name="set_symbol_scale"/>
                            <renderfunction name="draw_pie_chart"/>
                            <colorfunction name="set color table">
                                   <colortable>#ff8DCC4D
                                               #7fFF0000 #7f7D26CD</colortable>
                            </colorfunction>
                     </script>
             </pointsymbol>
      </datacube>
:/symbolization>
```

Tafel 2-14: Beispiel einer Beschreibung für Kreissektorendiagramme in CartoML

SLD

SLD (Styled Layer Descriptor) ist eine XML-basierte Beschreibungssprache für Web Services, die vom OGC (Open GIS Consortium) entwickelt wurde. Diese Sprache erweitert die Web Services wie WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) und WCS (Web Coverage Service) um eine nutzerdefinierte Signaturierung. Web Services sind aus Ebenen (NamedLayer) aufgebaut (z. B. Ebene "hydrology" oder Ebene "roads"). Die Signaturierung der Geometrien dieser Ebenen wird mittels vordefinierten Stilen bestimmt (Tafel 2-15). Auch bei einer XML-basierten SLD-Datei ist es jedoch nur möglich, ebenenweise

Grundlagen 61

Stile festzulegen, die dafür jedoch nutzerdefiniert sein können (*SLD 2002*, *S. 20 ff.*). Weiterhin ist die Einbindung von Darstellungsregeln (rules) möglich. So könnten zum Beispiel die Strichstärken von Linien massstabsabhängig visualisiert und nur ausgewählte Objekte einer Ebene dargestellt werden (*SLD 2002*, *S. 24 ff.*). Bislang sind nur Linien (line), Polygone (polygon), Punkte (point), Texte (text) und Rasterbilder (raster) zur Signaturierung integriert. Mittlerweile gibt es jedoch eine (nicht zum Standard gehörende) Erweiterung von *Duarte et al.* (2005), die einfache Kreissektorendiagramme und Stabdiagramme generieren kann.

```
<StyledLayerDescriptor version="1.0.0">
      <NamedLayer>
             <Name>Rivers</Name>
             <NamedStyle>
                    <Name>CenterLine</Name>
             </NamedStyle>
      </NamedLayer>
      <NamedLayer>
             <Name>Roads</Name>
             <NamedStyle>
                   <Name>CenterLine</Name>
             </NamedStyle>
      </NamedLayer>
      <NamedLayer>
             <Name>Houses</Name>
             <NamedStyle>
                   <Name>Outline</Name>
             </NamedStyle>
      </NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>
```

Tafel 2-15: Beispiel einer Signaturierung in SLD nach SLD (2002, S. 7)

SLD wird vom Server gelesen und interpretiert. So werden zum Beispiel Statistikdaten und deren Koordinatenpunkte als GML (*GML 2006*) kodiert. Sowohl diese GML-Daten als auch die SLD-Beschreibung werden an den Server gesendet. Der interpretiert die Daten und die SLD-Beschreibung und setzt sie grafisch um. Das resultierende Bild wird zurück an den Client gesendet. Die zur Geometrie gehörigen thematischen Eigenschaften und Daten werden bei dieser Beschreibung nicht berücksichtigt. Zwar können mittels der Regeln ab-

gestufte Signaturen gezeichnet werden, wertproportionale Signaturen oder solche mit mehr als einem Wert pro Koordinatenpunkt (wie zum Beispiel Diagramme) sind mit den zum Standard gehörenden Funktionalitäten nicht darstellbar. Ein Vorteil der SLD-Beschreibungssprache ist deren leichte Erweiterbarkeit und Flexibilität. So kann unter Berücksichtigung der SLD-Spezifikation z. B. jeder Sektor eines Piecharts genau definiert und per OGC-Tag anhand der Daten verändert werden. Allerdings resultieren aus diesem Ansatz auch Probleme, z. B. beim Zeichnen von Linien, die aus mehreren Datensätzen bestehen. Dieser Fall führt bei SLD zu sehr langen und missverständlichen Beschreibungen. SLD wird bislang nur serverseitig eingesetzt und erfordert viel Rechenkapazität, da eine SLD-Beschreibung sehr schnell sehr gross werden kann.

XMGrace

XMGrace (XMGrace 2006) ist ein plattformabhängiges Diagrammerzeugungsprogramm (Unix), welches eine textbasierte Diagrammbeschreibung beinhaltet. Mit XMGrace können nur Diagramme ohne Geobezug erstellt werden. Die Diagrammbeschreibung ist folgendermassen strukturiert:

- Definition von Fonts und Farben
- Definition von Default-Werten
- Definition von Hilfslinien und Beschriftungen
- Definition von Primitiven und ihren Eigenschaften
- Beschreibung der Daten und ihrer Darstellung

Tafel 2-16 zeigt ein stark gekürztes Beispiel der Definition eines Stabdiagramms. Im unteren Teil werden die Definitionen einer bestimmten Anzahl Datensätzen zugewiesen.

Die Diagrammbeschreibung ist sehr flexibel, jedoch leidet die Lesbarkeit und Übersichtlichkeit der Beschreibung aufgrund der vielen Optionen. Eine Beschreibung eines vollständigen gruppierten Stabdiagramms ist im Anhang III zu finden.

Grundlagen 63

```
@map color 1 to (0, 0, 0), "black"
                                       // Definition einer Farbe
@g0 type Chart
                                       // Definition eines neuen Diagramms "g0"
                                       // vom Typ "Chart"
@g0 stacked false
                                       // Stäbe dürfen nicht übereinander gestapelt werden
@g0 bar hgap 0.010000
                                       // Diagramm besteht aus Stäben, die zwischen
                                       // sich einen Abstand von 0.1 aufweisen
   s0 type bar
                                       // Definition eines Stabes "s0"
   s0 symbol fill color 1
                                       // Definition der Stabfarbe (Referenz auf Farbe 1,
                                       // siehe oben)
@target G0.S0
                                       // folgende Daten gehören zum Diagramm "g0"
                                       // und Stab "s0"
@type bar
                           "bar1"
               1.04466
                                       // X-Koordinate, Mengenwert, Beschriftung
        1
        2
               1.09134
                           "bar2"
        3
               2.22777
                           "bar3"
        4
               2.25308
                           "bar4"
                           "bar5"
        5
               2.33687
                           "bar6"
        6
               2.33454
```

Tafel 2-16: Beispiel einer Signaturierung in XMGrace

3 Analyse der Diagrammsignaturen

Im vorherigen Kapitel wurden Signaturen ganz allgemein auf ihre semiotischen, perzeptiven und grafischen Eigenschaften untersucht. Auch verwendete Konstruktionsansätze für Diagrammsignaturen wurden beleuchtet. Die bisherigen Konstruktionstheorien weisen einige Mängel auf. So wird zum Beispiel in Bezug auf Diagrammsignaturen sowohl in Bertins als auch in Wilkinsons Konstruktionstheorie nur auf Diagramme ohne Geobezug eingegangen. Thematische Karten und ihre Signaturen werden von Bertin separat abgehandelt, wobei nur wenige Diagrammsignaturen genutzt werden (z. B. wertproportionale Signaturen). Relevante Diagrammsignaturen wie Zählrahmendiagramme werden nicht beachtet. Um diese Mängel zu beseitigen, soll in dieser Arbeit eine neue Theorie zur Konstruktion von Diagrammsignaturen aufgestellt werden. Diese Theorie wird in eine Beschreibungssprache umgesetzt, weil sie die flexibelste Möglichkeit zur Konstruktion von Diagrammsignaturen ist (siehe Kapitel 2.4.2). Um dieses Ziel zu erreichen, soll in diesem Kapitel eine Analyse der Diagrammsignaturen hinsichtlich ihrer Konstruktion stattfinden. Dabei wird sich auf Positionssignaturen beschränkt (siehe Kapitel 2.2.1). Dazu wurden 49 zum grössten Teil häufig benutzte Diagrammsignaturen für Karten aus mehreren Fachbüchern (Witt 1967, Imhof 1972, Bertin 1974, Truran 1975, Arnberger 1977, White 1984, Robinson 1984, Schröder 1985, Tyner 1992, MacEachren 1994, Hake/Grünreich 1994, Dent 1999, Wilkinson 1999, Harris 1999, Bounford 2000, Hake et al. 2002, Slocum 2005), Atlanten und Online-Karten zu einer ungegliederten Übersicht zusammengestellt.

Für die Signaturanalyse wird davon ausgegangen, dass die untersuchten Diagrammsignaturen aus kartografischen Primitiven zusammengesetzt (Zusammensetzungsprinzip) und diese nach bestimmten Prinzipien in der Signatur angeordnet sind. Weiterhin besitzen einige Diagrammsignaturen "Hilfskonstruktionen" bzw. "Guides" genannte Gestaltungselemente (nach *Wilkinson 1999*, *S. 7*), die die Aussage der Signatur verstärken bzw. verdeutlichen sollen. Hilfskonstruktionen sind zum Beispiel Diagrammachsen, Hintergrundflächen und ähnliches.

3.1 Fragestellungen

Folgende Fragestellungen aus den Bereichen Daten, geometrische Eigenschaften, grafische Eigenschaften, Zusatzinformationen waren für die Analyse von Interesse:

Daten

- Für welche Datentypen kann die Diagrammsignatur verwendet werden? Können zum Beispiel positive und/oder negative Werte dargestellt werden? Ist die Signatur nur für Prozentwerte oder nur für Werte mit grosser oder kleiner Wertespanne (der gesamten Daten) geeignet?

Geometrische Eigenschaften

- Aus welchen kartografischen Primitiven ist die Diagrammsignatur aufgebaut (z. B. Sektor, Kreis usw.)? Dabei soll möglichst die Grundform gefunden werden, die nicht mehr durch eine andere Grundform beschrieben werden kann.
- Wie sind diese kartografischen Primitiven angeordnet (z. B. um einen Zentrumspunkt)?
- Welches sind die geometrischen Eigenschaften bzw. Variablen der Diagrammsignatur (z. B. Winkel, Weiten, Höhen usw.)?
- Welche konstruktiven Einschränkungen sind notwendig, damit die Diagrammsignatur korrekt und gut lesbar dargestellt werden kann? So müssen zum Beispiel die Kreissektorenwinkel eines Kreissektorendiagramms immer positiv und immer unter 360 Grad sein, ansonsten kann kein solcher Diagrammtyp generiert werden.
- Welche der geometrischen Variablen wird proportional zum Mengenwert verändert (z. B. nur Winkel eines Kreissektors, wenn der Radius konstant bleibt), bzw. über welche geometrischen Variablen werden die Mengenwerte in der Diagrammsignatur dargestellt?

Grafische Eigenschaften

- Welche grafischen Variablen werden für die Darstellung der Mengenwerte benutzt?
- Falls die grafische Variable Farbe genutzt wird, wie kann sie angewendet werden (z. B. sektorweise oder diagrammweise)?

- Falls die grafische Variable Grösse benutzt wird, ist die kartografische Primitive direkt proportional zum Mengenwert (längen-, flächen-, volumenproportional), oder ist sie nur geordnet bzw. klassifiziert?

Zusatzinformationen

 Müssen Hilfskonstruktionen wie z. B. Achsen, Beschriftungen oder Hintergrundflächen der Diagrammsignatur hinzugefügt werden? Dabei wird angenommen, dass nicht unbedingt nötige Hilfskonstruktionen weggelassen werden können, damit das Kartenbild entlastet wird.

Ausserdem wurde jede Signatur mit einem Kartenbeispiel aus Atlanten (z. B. *Atlas DDR 1976*) und Online-Karten sowie einer Grafik versehen, um die Ergebnisse überprüfen zu können.

Zusätzlich wurde jede Signatur mit einem Signaturnamen versehen. Dafür wurde der Name gewählt, der am weitesten verbreitet ist. Bei einigen Signaturen existieren jedoch verschiedene Bezeichnungen, die nicht gewichtet werden können. In diesem Fall wurde versucht, anhand ihrer Konstruktionseigenschaften einen passenden Signaturnamen zu finden. Die Übersicht der untersuchten Diagrammsignaturen und ihrer Eigenschaften finden sich im Anhang VI.

3.2 Auswertung

Wie die Übersicht der untersuchten Diagrammsignaturen im Anhang VI zeigt, gibt es mindestens 49 Möglichkeiten, statistische Daten per Diagrammsignatur in einer Karte zu visualisieren. Diese Visualisierungsmöglichkeiten wurden auf die in Kapitel 3.1 vorgestellten Fragestellungen hin untersucht.

Es kann davon ausgegangen werden, dass noch weitere Diagrammsignaturen existieren. Einige dieser sowie der analysierten Signaturen können jedoch gar nicht oder nur mit starken Einschränkungen in Karten benutzt werden. So sind zum Beispiel Punktstreuungsdiagramme (Anhang VI, Signatur 44) und Dreieckskoordinatendiagramme (Anhang VI, Signatur 48) eher ungeeignet, da innerhalb der Diagrammfläche nur Punkte bzw. Punktwolken dargestellt werden und diese nicht den kartografischen Anforderungen an eine Signatur in der Karte entsprechen (siehe Kapitel 2.2.3).

3.2.1 Auswertung hinsichtlich der Datentypen

Ein grosser Teil der Diagrammsignaturen kann nur positive Mengenwerte repräsentieren. Grund dafür ist, dass die gesamte Signatur abhängig vom Mengenwert in ihrer Grösse verändert wird. Dadurch ist ein Wert kleiner als Null nicht möglich. Diese Einschränkung betrifft alle Signaturen, die nur einen Mengenwert darstellen können (wertproportionale Signaturen Signaturen der Bildstatistik) sowie Signaturen, die polar angeordnet sind (z. B. polare Stabdiagramme). Negative Werte können nur in linear angeordneten Signaturen und Punktstreuungsdiagrammen dargestellt werden. Signaturen, die als konstruktive Bedingung eine Maximalausdehnung besitzen, die in veränderbaren geometrischen Variablen Kreissektorendiagramme, die einen Gesamtwinkel von maximal 360 Grad haben dürfen), sind besonders geeignet zur Darstellung von Prozentwerten.

3.2.2 Auswertung hinsichtlich der kartografischen Primitiven

Anhand der untersuchten Diagrammsignaturen kann auch eine Abgrenzung der kartografischen Primitiven erfolgen. Die untersuchten Signaturen für die Darstellung eines Mengenwertes verwenden die kartografischen Primitiven Punkt, Kreis, Kreisring, Kreissektor, Kreisringsektor, Rechteck (auch Balken, Säule oder Stab genannt), regelmässiges Polygon, Quader, Würfel, Kugel und Pyramide. Signaturen für die Darstellung mehrerer Mengenwerte pro Koordinatenpunkt verwenden dagegen die Grafikprimitiven Punkt, Polylinie, Kurve, Kreissektor, Kreisringsektor, Rechteck, regelmässiges Polygon, Kreis, Ellipse, Kugelsektor, Quader, Würfel sowie Pyramide. Daher sind all diese Primitiven als kartografische Primitiven zu bezeichnen. Bildhafte Signaturen¹⁵ wurden für diese Betrachtung ausgeklammert.

3.2.3 Auswertung hinsichtlich der Anordnung kartografischer Primitiven

Alle untersuchten Signaturen für die Darstellung eines Mengenwertes sind entweder zentriert (z. B. wertproportionale Kreise) oder in einem Gitternetz angeordnet (z. B. Zählrahmendiagramme). Signaturen für die Darstellung mehrerer Mengenwerte können um ein Zentrum, auf einer Linie oder gestapelt übereinander, von einem Koordinatenursprung ausgehend oder von drei

¹⁵ Signaturen mit einem hohen Ikonizitätsgrad, die nicht geometrisch sind

Punkten ausgehend angeordnet werden. Kombinationen dieser Anordnungen werden zum Beispiel bei bipolaren oder unterteilten Stabdiagrammen (auf einer Linie und gestapelt übereinander angeordnet) eingesetzt.

3.2.4 Auswertung hinsichtlich der grafischen Variablen

Fast alle Signaturen stellen mittels der grafischen Variablen Grösse die Mengenwerte dar. Ausnahmen sind Punktstreuungssignaturen (siehe Anhang VI, Signatur 1) und zum Teil die Kleingeld-, Zählrahmen- und Baukastendiagramme (Grösse wird nur indirekt aufgrund der Anordnung der Werteinheitssignaturen benutzt). Bei jeder untersuchten Signatur werden Farbtöne zum Ausdrücken einer Qualität und Helligkeiten zur Darstellung einer Ordnung bzw. Kennzeichnung einer bestimmten Position benutzt. Transparenzen wurden in den wenigsten Fällen eingesetzt (meist in Kombination mit Farbtönen und Helligkeiten zur Verbesserung des Kartenbildes). Eine Ausnahme bilden mehrteilige Kurvendiagramme, die auch als Fläche unter der Kurve dargestellt werden können, wobei sich die Flächen zum grossen Teil überdecken. Da die Werte jedoch immer von der Grundlinie aus abgelesen werden müssen und überdeckte Flächen dies nicht erlauben, ist eine Transparenz zwingend notwendig. Die grafische Variable Muster wurde in den gefundenen Beispielen ausschliesslich bei Schwarz-Weiss- bzw. Graustufenkarten zum Ausdrücken einer Qualität oder Ordnung genutzt. Bei kleinen Signaturflächen kommt sie überhaupt nicht zum Einsatz. Die Variable Orientierung wurde nur im Rahmen der Signaturkonstruktion zur Rotation von Diagrammteilen verwendet. Damit wurde sie nur für die Darstellung einer Richtung, nicht jedoch einer Quantität genutzt. Die grafische Variable Form spielt bei allen Signaturen nur für die Konstruktion der Grafikprimitiven eine Rolle. Bei Signaturen mit nur einer Primitiven wurde mit der Form eine Qualität ausgedrückt, die bei der Darstellung von Ordnungen bzw. Quantitäten jedoch meist mit einer Kombination der Grösse einher ging. Die Variable Schärfe wurde nicht genutzt. Somit wurden die theoretischen Erkenntnisse aus Kapitel 2.2.4 bestätigt.

3.2.4.1 Auswertung hinsichtlich der grafischen Variablen Farbe

Die untersuchten Signaturen für die Darstellung eines Mengenwertes nutzen nur einen Farbton bzw. eine Helligkeitsstufe pro Signatur (Ausnahme: gegliederte Zählrahmen- und Baukastendiagramme, siehe Anhang VI, Signatur 15 bzw. 16). Dieser Farbton kann jedoch in jeder Signatur in der Karte verschieden sein, wenn eine unterschiedliche Qualität bzw. Ordnung der Daten ausgedrückt werden soll. Signaturen für mehrere Mengenwerte besitzen dagegen immer die gleiche Farbzuweisung, die wie folgt unterschieden werden können (Abb. 3-1):

- signaturweise (1 Farbe für alle Primitiven)
- gruppenweise (1 Farbe für alle Primitiven einer Gruppe)
- stabweise (1 Farbe für alle Primitiven eines Stabes nur für Stäbe!)
- primitivenweise (1 Farbe pro Primitive)
- positionsweise (1 Farbe pro Position der Primitiven)
- positiv-/negativweise (1 Farbe f
 ür positive Werte, 1 Farbe f
 ür negative Werte)

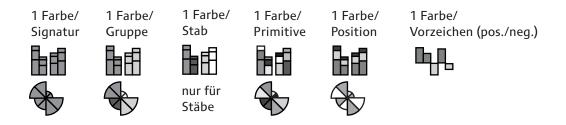


Abb. 3-1: Zuweisung von Farben in Diagrammsignaturen

Erfolgt die Farbzuweisung signaturweise, dann erhalten alle kartografischen Primitiven einer Diagrammsignatur die gleichen grafischen Eigenschaften. Bei einer Einfärbung nach Gruppen werden allen kartografischen Primitiven einer Gruppe innerhalb einer Diagrammsignatur die gleichen grafischen Eigenschaften zugeordnet. Werden als kartografische Primitiven Stäbe gewählt und diese nicht nur gruppiert, sondern auch unterteilt, dann kann jeder Primitiven eines Stabes in einer Diagrammsignatur die gleichen grafischen Eigenschaften zugewiesen werden. Auch eine Einfärbung, bei der jede kartografische Primitive innerhalb einer Diagrammsignatur ihre eigenen grafischen Eigenschaften erhält, ist möglich. Ebenfalls denkbar ist die Einfärbung der kartografischen Primitiven nach ihrer Position innerhalb einer Diagrammsignatur. Als weitere Option können alle kartografischen Primitiven, die entweder in die positive oder in die negative Richtung zeigen, die gleichen grafischen Eigenschaften erhalten.

3.2.4.2 Auswertung hinsichtlich der grafischen Variablen Grösse

Die untersuchten Diagrammsignaturen ändern ihre Grösse oder die Grösse ihrer kartografischen Primitiven abhängig vom Mengenwert. Ausnahmen sind Punktstreuungssignaturen¹⁶ und zum Teil die Kleingeld-, Zählrahmen- und Baukastendiagramme (Grösse wird nur indirekt aufgrund der Anordnung der Werteinheitssignaturen benutzt). Kleingeld-, Zählrahmen- und Baukastendiagramme wachsen sehr stark mit der Anzahl ihrer Werteinheitssignaturen, wodurch sie nur für geringe bis mittlere Wertebereiche geeignet sind.

Die kartografischen Primitiven Kreis, Kreisring, Kreissektor und regelmässiges Polygon werden in Karten zum grössten Teil flächenproportional eingesetzt, wobei meist nur eine Konstruktionseigenschaft (z. B. Radius oder Winkel) variabel ist (eine Ausnahme wäre unter anderem ein Kreissektorendiagramm, dessen Gesamtfläche von Signatur zu Signatur veränderlich ist). Kreisringsektoren, Ellipsen und Rechtecke werden normalerweise auch flächenproportional genutzt, können aber in bestimmten Diagrammtypen wie gebogenen Stäben (siehe Anhang VI, Signatur 24) und Rechteckdiagrammen (siehe Anhang VI, Signatur 46) auch längenproportional sein. Die kartografischen Primitiven Quader, Würfel, Kugeln und Pyramiden werden üblicherweise volumenproportional verwendet. Polylinien und Kurven zeigen in Diagrammen meist mehrere längenproportionale Werte an. Zum Teil werden auch weitere unrunde, nicht flächenproportionale Wertmassstäbe eingesetzt, die z. B. nach der Formel von Jensch (siehe Grosser 2002) berechnet werden. Bei einer Klassierung der Daten sind die Signaturen nicht mehr direkt proportional zum darzustellenden Wert.

3.2.5 Auswertung hinsichtlich der Hilfskonstruktionen

Einige der untersuchten Diagrammsignaturen benötigen Hilfskonstruktionen bzw. Guides (siehe *Wilkinson 1999*, *S. 7*), um die Mengenwerte eindeutig darstellen zu können oder die Lesbarkeit zu gewährleisten. Das betrifft vor allem polare Kurvendiagramme (Anhang VI, Signatur 29), mehrteilige polare Kurvendiagramme (Anhang VI, Signatur 30), mehrteilige Kurvendiagramme (Anhang VI, Signatur 36), Punktstreuungsdiagramme (Anhang VI, Signatur 44) sowie Dreieckskoordinatendiagramme (Anhang VI, Signatur 48). Als Hilfs-

Signaturen in Punkt- oder punktähnlicher Form, wobei jede Signatur eine konstante Menge repräsentiert und möglichst positionsgenau platziert wird, so dass im Kartenbild eine Verteilung zu sehen ist

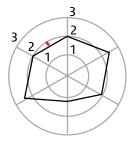
konstruktionen wurden x- und y-Achsen, konzentrische Kreise, konzentrische regelmässige Polygone, sternförmig von einem Zentrum ausgehende Linien, Hintergrundrechtecke und -dreiecke, Quadratgitter und Dreiecksgitter gefunden.

3.3 Wahrnehmungs- und grafische Probleme bei der Signaturkonstruktion

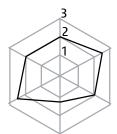
Während der Analyse der Diagrammsignaturen wurden folgende Wahrnehmungs- und grafischen Probleme gefunden, die bei der Signaturkonstruktion unbedingt beachtet werden müssen. Für weitere hilfreiche Hintergrundinformationen zum Thema Wahrnehmung können ausser der zitierten Literatur auch Becker (1975, S. 72-120), Vanecek et al. (1980), Bollmann (1981), Brodersen (1986), Rock (1998) und Tufte (2001) genutzt werden.

3.3.1 Ableseprobleme aufgrund falscher Hilfskonstruktionen

Bei polaren Kurvendiagrammen können aufgrund einer falschen Hilfskonstruktion Ableseprobleme entstehen. Beispiele finden sich sogar in Lehrbüchern wie Arnberger (1977, S. 105 und 109) sowie Schröder (1985, S. 118). Wird zum Beispiel eine Polylinie zur Darstellung genutzt, sollten als Hilfskonstruktionen konzentrische regelmässige Polygone, bei einer Kurvendarstellung konzentrische Kreise verwendet werden. Wird diese Regel nicht beachtet, tritt eine Abweichung z. B. zwischen der Polylinie und der Hilfskonstruktion auf. Dieser Fehler ist in der Mitte eines Polyliniensegments maximal (Abb. 3-2, linke Seite).



inkorrekte Hilfslinien



korrekte Hilfslinien

Abb. 3-2: Ableseprobleme aufgrund falscher Hilfskonstruktion

3.3.2 Darstellungsprobleme kontinuierlicher Daten

Bei polaren und linearen Kurvendiagrammen kann darüber gestritten werden, ob die Mengenwerte mit einer Kurve oder einer Polylinie dargestellt werden sollen. Üblicherweise sind verwendete Daten kontinuierlich, werden jedoch zur Verminderung der Datenmenge zum Beispiel nur jede Stunde, jeden Tag oder jedes Jahr aufgenommen. Damit können sie auch als diskret betrachtet werden. Das Problem kann im Rahmen dieser Arbeit nicht gelöst werden. Je nach Betrachtungsweise sollte entweder eine Kurve oder eine Polylinie genutzt werden.

3.3.3 Konstruktionsprobleme bei Kreisringen

Kreisringe und Kreisringsektorendiagramme besitzen eine Öffnung, deren Form, Grösse und Farbe keinerlei Signifikanz hat (*Harris 1999, S. 142*). Diese Öffnung kann sich bei zunehmender Skalierung vergrössern oder immer gleich bleiben (Abb. 3-3). Da bei sehr kleinen Signaturen die konstanten Öffnungen grösser als der Aussenradius des Kreisrings und bei sehr grossen Signaturen kaum sichtbar wären, sollten die Öffnungen mitskaliert werden.

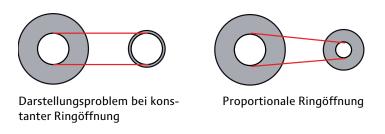


Abb. 3-3: Konstruktionsprobleme bei Kreisringen

3.3.4 Wahrnehmungsprobleme bei Kreisringen und Kreisringsektoren

Kreisringsektoren können als gebogene Stäbe mit einer konstanten Stabbreite betrachtet werden. Daher wären die Ringsektoren längenproportional, es müsste die Bogenlänge abgelesen werden. Das funktioniert jedoch nur bei einer sehr geringen Stabbreite. Wird jedoch der Stab nicht mehr als Linie wahrgenommen, wird eher die Fläche von Kreisringsektoren betrachtet (*Buziek 2006*). Somit können diese für flächenproportionale Darstellungen genutzt

werden. Meist werden jedoch die Flächenberechnungen nicht für Ringsektoren vorgenommen, sondern für Kreissektoren. Grund dafür ist die höhere Prägnanz des Kreissektors gegenüber dem Kreisringsektor. Da prägnantere Formen eine höhere Wahrnehmungspriorität geniessen (*Buziek 2003*, *S. 36/37*), wird mit hoher Wahrscheinlichkeit trotz des Lochs bzw. fehlenden Sektorstückes ein Kreissektor wahrgenommen werden (Abb. 3-4). Daher ist eine Sektorflächenberechnung für Kreisringsektoren vertretbar.

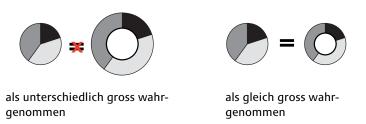


Abb. 3-4: Wahrnehmungsprobleme bei Kreisringen und Kreisringsektoren

Eine weitere Wahrnehmungstäuschung bei Kreisringen ist die sogenannte Wundt'sche Konfluxionstäuschung, bei der die Schätzung der Grösse der Innen- und Aussenradien unter Umständen fehlerbehaftet sein kann. Bei dünnen Ringen wirkt der Innenradius grösser als bei dicken Ringen (Ogrissek 1987), daher sollten Kreisringe nur in Ausnahmefällen verwendet werden.

3.3.5 Wahrnehmungsprobleme bei gebogenen Stäben

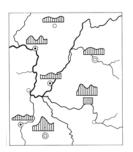
Teilstücke von unterteilten gebogenen Stäben sind sehr schwer miteinander vergleichbar, weil sich sowohl die Bogenlänge als auch die Startwinkel der Teilstücke verändern (*Harris 1999, S. 74*). Daher sollten nur einfache gebogene Stäbe verwendet werden. Auch werden eher die Winkel der gebogenen Stäbe als die Bogenlängen wahrgenommen. Das ist ein Problem, da bei gleichem Winkel die Bogenlänge mit zunehmendem Radius grösser wird (Abb. 3-5). Da im Allgemeinen die visuelle Schätzung des Winkels genauer ausfällt als die Schätzung der Bogenlänge (*Bertin 1974, S. 63*), sollte der Wert proportional zum Winkel sein.

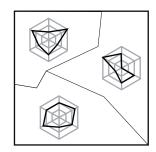


Abb. 3-5: Wahrnehmungsprobleme bei gebogenen Stäben

3.3.6 Wahrnehmungsprobleme bei Kurven- und Ellipsendiagrammen

Bei linearen und polaren Kurvendiagrammen wird meist die Fläche unter der Kurve mit einer Füllung versehen. Beim Betrachten des Diagramms wird vom Kartenleser automatisch eine flächenhafte Darstellung der Mengenwerte angenommen, obwohl die Fläche eigentlich keine Bedeutung hat (*Harris 1999*, *S. 10*). Alternativ besteht die Möglichkeit, die Fläche unter der Kurve ohne Füllung zu zeigen oder die einzelnen Distanzen mit Linien darzustellen (Abb. 3-6). Die gleiche Problematik tritt bei Ellipsendiagrammen (zwei senkrecht aufeinander stehende Mengenwerte) auf (Abb. 3-6, rechte Seite). Auch hier sollte der Kartenleser mit einer Hilfslinie darauf hingewiesen werden, dass die Mengenwerte längenproportional abgetragen worden sind.





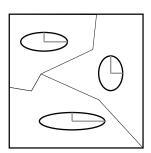
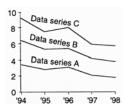


Abb. 3-6: Wahrnehmungsprobleme bei einfachen Kurvendiagrammen (links: Imhof 1972)

3.3.7 Wahrnehmungsprobleme bei unterteilten Kurvendiagrammen

Bei mehrteiligen und unterteilten Kurvendiagrammen kann der Betrachter nicht genau erkennen, ob die Kurven von der Achse aus konstruiert oder gestapelt dargestellt werden (*Harris 1999, S. 11 und 12*). In der Kartografie gilt: Mehrteilige Kurvendiagramme sollten Kurven (ohne Flächenfüllung unter der Kurve, Ausnahme: Kurven mit Transparenz), unterteilte Kurvendiagramme Kurven mit Flächenfüllung unter der Kurve nutzen (Abb. 3-7). Dadurch werden bei unterteilten Kurvendiagrammen die Flächen unter der Kurve wahrgenommen, sie werden als gestapelte Flächen empfunden (*Imhof 1972, S. 88*).



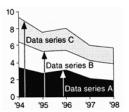


Abb. 3-7: Wahrnehmung mehrteiliger und unterteilter Kurvendiagramme (Harris 1999)

3.3.8 Konstruktionsprobleme bei Kurvendiagrammen

Bei Kurvendiagrammen weisen beide Achsen eine Proportionalität auf. Meist ist auf der X-Achse eine unabhängige Variable dargestellt, die jedoch linear sein muss (Abb. 3-8, rechte Seite).

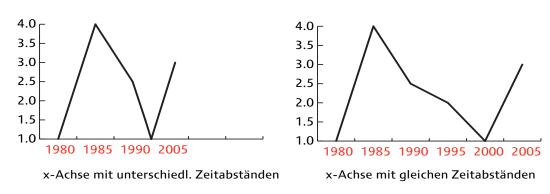


Abb. 3-8: Konstruktionsprobleme bei Kurvendiagrammen

3.3.9 Konstruktionsprobleme bei Kreissektorendiagrammen

Der Startwinkel sowie der Drehsinn eines Kreissektorendiagrammes differiert von Konstrukteur zu Konstrukteur. Bei William Playfair, dem Erfinder der Kreissektorendiagramme, war der Startwinkel seines Kreissektorendiagrammes in West-Position (*Friendly/Denis 2005b*). Bei Mathematikern und Statistikern beginnt das Kreissektorendiagramm meist von der Ost-Position und wird gegen den Uhrzeigersinn gezeichnet (z. B. *Wikipedia 2006c*) (Abb. 3-9, linke Seite). Grund dafür ist das kartesische Koordinatensystem, welches eine x-Achse in Ost-Position und eine y-Achse in Nord-Position besitzt. Bei Kartografen sollte der Startwinkel in Nord-Position liegen und das Kreissektorendiagramm im Uhrzeigersinn gezeichnet werden (Abb. 3-9, Mitte), um ein besseres Vergleichen der Diagramme in der Karte zu ermöglichen (*Imhof 1972*, *S. 84*).

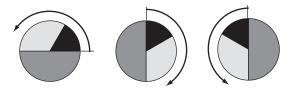


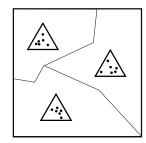
Abb. 3-9: Wahrnehmungsprobleme bei Kreissektorendiagrammen

3.3.10 Wahrnehmungsprobleme bei bildhaften Signaturen

In wenigen Fällen werden Mengenwerte auch mittels bildhafter Signaturen dargestellt, damit eine semantische Relation zwischen dem dargestellten Objekt und der Signatur aufgebaut werden kann. Diese Signaturen stellen den Wert flächenproportional dar, besitzen jedoch häufig keine genaue Abgrenzung. Damit kann der Wert vom Kartenleser nicht ausgemessen, sondern nur abgeschätzt werden. Je höher der Ikonizitätsgrad der Signatur ist, desto schwieriger wird die Grössenabschätzung bzw. der Vergleich zwischen den Signaturen. Weitere Probleme entstehen bei bildhaften Signaturen mit hohem Detaillierungsgrad, weil sie bei kleinen Werten nicht mehr erkennbar sind.

3.3.11 Wahrnehmungsprobleme bei Signaturen zur Darstellung vieler Mengenwerte

Signaturen zur Darstellung sehr vieler Mengenwerte sind meist eher ungeeignet für Karten, da der Überblick verloren geht und die Lesbarkeit und intuitive Entschlüsselung der Aussage nicht auf einen Blick erfolgen kann (Abb. 3-10). In die Kategorie dieser Diagrammsignaturen fallen hauptsächlich Punktstreuungsdiagramme und Dreieckskoordinatendiagramme, aber auch mehrteilige Kurvendiagramme und mehrteilige polare Kurvendiagramme. Ebenso problematisch ist die Kombination mehrerer Diagramme (z. B. polares Stabdiagramm kombiniert mit Kreissektoren- und Kreisringsektorendiagramm). Zwar können sehr viele Mengenwerte mit einem Mal visualisiert werden, die schnelle Erfassbarkeit ist jedoch nicht gewährleistet. Daher sollten solche Darstellungen in Karten aus Gründen der Lesbarkeit vermieden werden.



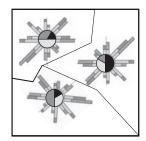


Abb. 3-10: Wahrnehmungsprobleme bei Signaturen zur Darstellung vieler Mengenwerte

3.3.12 Wahrnehmungsprobleme aufgrund unnötiger Hilfskonstruktionen

Viele Autoren unterscheiden zwischen Stabdiagrammen ohne und solchen mit Hilfskonstruktion (beschriftete Achsen). Generell gilt aber: Je weniger Hilfskonstruktionen benötigt werden, desto mehr wird das Kartenbild entlastet. Daher sollten möglichst nur für die Lesbarkeit der Signatur notwendige Hilfskonstruktionen genutzt werden, da sie ansonsten für die Signaturkonstruktion unerheblich sind. In digitalen Karten kann der jeweilige Mengenwert auch per Tooltip interaktiv angezeigt werden.

3.3.13 Weitere Wahrnehmungstäuschungen

Aufgrund von Kontrasten oder optischen Täuschungen kann die Auswahl einer bestimmten Diagrammsignatur oder einer bestimmten Farbe zu Wahrnehmungstäuschungen führen. Ausser der Wundt'schen Konfluxionstäuschung (siehe Kapitel 3.3.4) kann in Karten unter anderem auch die *Titchener'sche Vergleichstäuschung* auftreten (*Ogrissek 1987*). Bei dieser Wahrnehmungstäuschung wirkt ein von kleineren Kreisen umgebener Kreis grösser als einer von grösseren Kreisen umgebener (Abb. 3-11). Diese Täuschung tritt meist bei klassifizierten Daten auf, weshalb die Grössenunterschiede zwischen den gestuften Signaturen möglichst hoch sein sollten. Eine gute Übersicht über weitere Wahrnehmungstäuschungen wie die *Poggendorf'sche Täuschung* bietet *Ogrissek (1987, S. 198)*.

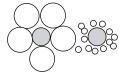


Abb. 3-11: Titchener'sche Vergleichstäuschung

4 Konstruktionstheorie für benutzerdefinierte Diagrammsignaturen in Karten

Aufgrund der im vorhergehenden Kapitel durchgeführten Analyse der Diagrammsignaturen kann nun eine neue Konstruktionstheorie für benutzerdefinierte Diagrammsignaturen entwickelt werden.

Da 3D-Signaturen in zweidimensionalen Karten wenig geeignet für die Visualisierung statistischer Daten sind (ihre Vergleichbarkeit wird eingeschränkt), wird im Folgenden nur auf zweidimensionale Formen eingegangen. Auch werden bildhafte Signaturen ausgeklammert, da diese für die Darstellung der Mengenwerte eher ungeeignet sind (siehe Kapitel 3.3.10).

Wie in *Schnabel* (2004) beschrieben, wurde nach der Analyse der Diagrammsignaturen auf die Gemeinsamkeiten und Unterschiede in ihrer Struktur und der Untersuchung der bisherigen Konstruktionstheorien von Bertin und Wilkinson ein neuer Ansatz entwickelt, der beide bisherige Konstruktionstheorien zusammenführt und erweitert. Diese Theorie zur Konstruktion von Diagrammsignaturen basiert auf den drei folgenden Hypothesen (*Schnabel* 2005):

- 1. Die Diagrammsignaturen bestehen aus kartografischen Primitiven.
- 2. Diese kartografischen Primitiven können mit wenigen Anordnungsprinzipien arrangiert werden.
- 3. Die Grösse der kartografischen Primitiven ändert sich in Abhängigkeit von den Mengenwerten. Diese Änderung folgt bestimmten Richtungen.

Diese drei Hypothesen müssen nun untersucht werden.

4.1 Kartografische Primitiven

Während der Analyse der Diagrammsignaturen wurden bislang sehr viele kartografische Primitiven gefunden. Nach der Reduktion der Primitiven auf zweidimensionale geometrische Formen bleiben folgende kartografische Primitiven erhalten: Punkt, Polylinie, Kurve, Ellipse, Kreis, Kreisring, Kreissektor, Kreisringsektor, Rechteck, regelmässiges Polygon.

4.1.1 Hierarchie der kartografischen Primitiven

Ein Kreis ist nichts anderes als eine Sonderform der Ellipse und ein Kreisring nur eine Verschneidung aus zwei Kreisen. Ein Kreisringsektor kann aus einer Verschneidung zweier Kreissektoren gebildet werden. Daher kann aus diesen Eigenschaften eine Hierarchie der kartografischen Primitiven aufgebaut werden (Abb. 4-1):

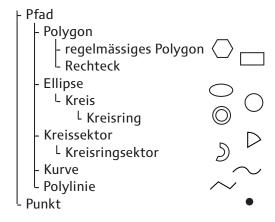


Abb. 4-1: Hierarchie der kartografischen Primitiven

4.1.2 Eigenschaften der kartografischen Primitiven

Die gefundenen zehn Grafikprimitiven haben jeweils besondere Konstruktionseigenschaften (Abb. 4-2 sowie Abb. 4-3), die nun näher beleuchtet werden sollen.

Die *Ellipse* (*ellipse*) besitzt eine Position (x- und y-Koordinate im Zentrum der Ellipse) und zwei aufeinander senkrecht stehende Radien. Sind beide Radien gleich gross, entsteht ein Kreis.

Der *Kreis (circle)* hat eine Position (x- und y-Koordinate im Zentrum) und einen Radius. Eine Verschneidung aus zwei Kreisen ergibt einen Kreisring.

Alternativ zu einer Verschneidungsoperation aus zwei Kreisen kann ein innerer Radius eingeführt werden, der Werte zwischen 0 und 100 Prozent des äusseren Radius einnehmen kann. Damit ist es möglich, die Primitive *Kreisring (ring)* zu bilden. Diese kartografische Primitive besitzt auch einen Radius und eine Position (x- und y-Koordinate im Zentrum des Kreisrings).

Der *Kreissektor* (*pie sector*) besitzt eine Position (x- und y-Koordinate an der Spitze des Kreissektors), einen Radius, einen Startwinkel und einen Winkel mit Drehsinn. Mit Hilfe des Startwinkels kann der Kreissektor rotiert werden. Der Winkel kann nur Werte zwischen > -360 und 0 bzw. 0 und < 360 Grad einnehmen. Für kartografische Darstellungen ist ein Winkel zwischen 0 und < 360 Grad üblich. Ein Winkel von 360 Grad kann mit den kartografischen Primitiven Ellipse und Kreis dargestellt werden. Als Option ist es möglich, die Verbindung zum Sektorzentrumspunkt wegzulassen, welche jedoch nicht kartografisch relevant ist. Eine Verschneidungsoperation aus zwei Kreissektoren ergibt einen Kreisringsektor.

Alternativ zu einer Verschneidungsoperation aus zwei Kreissektoren kann beim *Kreisringsektor (ring sector)* auch ein innerer Radius eingeführt werden, der Werte zwischen 0 und 100 Prozent des äusseren Radius einnehmen kann. Weitere Konstruktionseigenschaften sind die Position (x- und y-Koordinate ausserhalb des Kreisringsektors an der Spitze der Verlängerung der Kreisringsektorkanten), ein Radius, ein Startwinkel und ein Winkel mit Drehsinn.

Das *Rechteck* (*rectangle* (*bar*)) (Balken, Säule oder auch Stab genannt) besitzt eine Position (x- und y-Koordinate links oben oder links unten), eine Weite und eine Höhe.

Das *regelmässige Polygon* (*regular polygon*) hat eine Position (x- und y-Koordinate im Zentrum des regelmässigen Polygons), einen umgebenden Radius und eine Anzahl Eckpunkte, die regelmässig auf dem Umkreis liegen. Je nach Anzahl der Ecken können beliebige regelmässige Vielecke wie Dreiecke, Quadrate oder Sechsecke gebildet werden. Eine Variation ist der regelmässige Stern, der mit der weiteren Konstruktionseigenschaft "innerer Radius" mit Werten zwischen 0 und 100 Prozent gebildet werden kann. Bei 0 Prozent fal-

len der Zentrumspunkt des Sterns und dessen innere Eckpunkte zusammen. Bei 100 Prozent wird ein normales Polygon gebildet. Theoretisch können die inneren Eckpunkte des Sterns auch ausserhalb des umgebenden Kreises liegen (über 100 Prozent). In diesem Fall wird der Stern trotzdem als ein normales Polygon (jedoch mit mehr Eckpunkten) betrachtet.



Abb. 4-2: Sieben kartografische Primitiven und ihre Eigenschaften

Der *Punkt (point)* besitzt die Konstruktionseigenschaften Position (x- und y-, manchmal auch z-Koordinate, z. B. bei Dreieckskoordinatendiagrammen). Im Gegensatz zum Kreis hat der Punkt eine möglichst kleine, fixe Ausdehnung (Radius).

Die *Polylinie* (*polyline*) besteht aus mehreren Punkten, welche jeweils eine Position (x- und y-Koordinate) besitzen und miteinander durch gerade Linien verbunden sind. Als Konstruktionseigenschaften können die Distanzen vom Ursprungspunkt (x = 0, y = 0) zu den Punktpositionen angesehen werden. Die Position der Polylinie liegt bei polar angeordneten Polylinien im Ursprungspunkt, bei linear angeordneten Polylinien auf einem Punkt mit den Koordinaten x = halbe x-Ausdehnung, y = 0.

Als weitere kartografische Primitive hat die *Kurve (curve)* die gleichen Eigenschaften wie die Polylinie. Im Unterschied zur Polylinie werden die Zwischenräume zwischen den Punkten der Kurve jedoch mit gekrümmten Bogenstücken konstruiert (eine Art abgerundete Polylinie).



Abb. 4-3: Drei weitere kartografische Primitiven und ihre Eigenschaften

Jede dieser Primitiven kann theoretisch rotiert und in x- und y-Richtung skaliert sowie in x- und y-Richtung verschoben werden. Diese Transformationen können einzeln oder in Kombination angewendet werden. Bei Punkten hat eine Rotation und Skalierung jedoch keinen Effekt.

Zusätzlich zu den Konstruktionseigenschaften besitzen alle kartografischen Primitiven grafische Eigenschaften. Dazu gehören eine Füllfarbe (Farbton, Farbsättigung, Helligkeit) und eine Füllungstransparenz. Ausserdem können alternativ alle Primitiven auch mit einem Füllmuster versehen werden (z. B. für Kurven unterhalb ihres Linienverlaufs). Weiterhin besitzen alle kartografischen Primitiven eine Strichstärke, eine Strichfarbe (Farbton, Farbsättigung, Farbwert) sowie eine Strichtransparenz. Für Punkte sollte jedoch aus Lesbarkeitsgründen auf ein Füllmuster bzw. ein Strich verzichtet werden.

4.2 Anordnungsprinzipien

4.2.1 Übersicht über die Anordnungsprinzipien

Die oben genannte zweite Hypothese besagt, dass die beschriebenen kartografischen Primitiven mit wenigen Prinzipien angeordnet werden können. Dabei wird zwischen Diagrammsignaturen zur Darstellung eines und denen zur Darstellung mehrerer Mengenwerte unterschieden.

Diagrammsignaturen zur Darstellung eines Mengenwertes nutzen nur zwei Anordnungsprinzipien (Abb. 4-4). Die kartografischen Primitiven können entweder zentriert übereinander (centered) oder in einem Gitternetz (grid) angeordnet werden. Eine Zentrierung bringt den Vorteil, dass die Gesamtsignatur symmetrisch ist (siehe Kapitel 2.2.3). Das zweite Anordnungsprinzip wird für Zählrahmen-, Kleingeld- und Baukastendiagramme genutzt. Dabei repräsentiert jede Primitive einen Teilwert. Die Gesamtheit aller Primitiven bzw. die Summe ihrer Teilwerte entspricht dem darzustellenden Mengenwert.

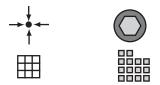


Abb. 4-4: Anordnungsprinzipien für Signaturen zur Darstellung eines Mengenwertes

Diagrammsignaturen für die Darstellung mehrerer Mengenwerte nutzen andere Anordnungsprinzipien (Abb. 4-5). Kartografische Primitiven können *auf einer Linie nebeneinander (linear)* angeordnet werden. Beispiele hierfür sind Stabdiagramme und Kurvendiagramme. Aber auch ineinandergestellte regelmässige Polygone (z. B. bei Flächendiagrammen) können mit diesem Anordnungsprinzip gestaltet werden, da nur der Abstand zwischen den Primitiven verändert wird. Gestapelte bzw. übereinander angeordnete Primitiven sind eine Sonderform dieses Anordnungsprinzips, da sie auch nebeneinander angeordnet und dann um 90 Grad rotiert werden können. Daher ist es auch möglich, unterteilte Stabdiagramme diesem Anordnungsprinzip zuzuordnen.

Weiterhin ist eine Anordnung der Primitiven *um ein Zentrum (polar)* möglich. Dieses Prinzip trifft zum Beispiel auf Kreissektorendiagramme, Flügeldiagramme und polare Stabdiagramme zu. Ebenso können gebogene Stäbe diesem Prinzip zugeordnet werden, da Kreisringsektoren übereinander gestapelt um ein Zentrum angeordnet sind.

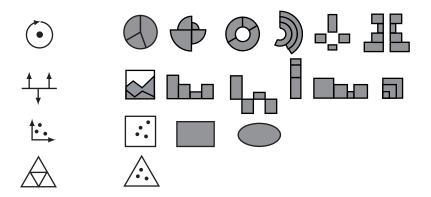


Abb. 4-5: Anordnungsprinzipien für Signaturen zur Darstellung mehrerer Mengenwerte

Ein weiteres Prinzip ordnet die kartografischen Primitiven in einem kartesischen Koordinatensystem *senkrecht (perpendicular)* an. Punkte eines Punktstreuungsdiagramms können zum Beispiel so arrangiert werden. Zwei Sonderfälle sind Rechteckdiagramme und Ellipsendiagramme zur Darstellung von zwei Mengenwerten, da dort nur eine kartografische Primitive vorliegt.

Beim *Dreiecksprinzip (triangular)* werden die Mengenwerte von drei Punkten aus abgetragen und die Primitiven auf den entstehenden Punkten positioniert. Im Gegensatz zur senkrechten Anordnung werden die kartografischen Primi-

tiven also nicht nur von einem Koordinatenursprung aus platziert. Ein Beispiel ist das Dreieckskoordinatendiagramm, bei dem die Punkte von den drei Ecken aus innerhalb der Fläche positioniert werden.

Bipolare Stabdiagramme können theoretisch mit zwei der oben genannten Anordnungsprinzipien generiert werden. Eine Möglichkeit ist die Zuordnung zum linearen Anordnungsprinzip, wenn die Stäbe jeder Gruppe als nebeneinander angeordnet betrachtet werden (Abb. 4-6, oben). Die unterschiedliche Anordnungsrichtung der zwei Gruppen kann jedoch mit diesem Anordnungsprinzip nicht erklärt werden. Daher wird die zweite Möglichkeit empfohlen. Dort werden bipolare Stabdiagramme mit dem polaren Anordnungsprinzip konstruiert, da bei dieser Verfahrensweise zwei unterteilte Stäbe (Unterteilungen nebeneinander platziert) im Winkel von 180 Grad zueinander angeordnet werden (Abb. 4-6, unten).

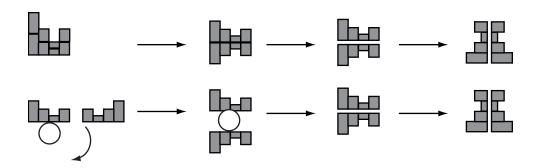


Abb. 4-6: Anordnung von Stäben zu einem bipolaren Stabdiagramm

4.2.2 Eigenschaften der Anordnungsprinzipien

Jede Diagrammsignatur benutzt nur ein Anordnungsprinzip. Eine Kombination von zwei Anordnungsprinzipien (z. B. senkrechtes und polares Anordnungsprinzip) führt zu einer nicht ansprechenden und schwer lesbaren Diagrammsignatur. Einige Anordnungsprinzipien haben bestimmte, die Anordnung der kartografischen Primitiven betreffende Konstruktionseigenschaften.

Das *zentrierte Anordnungsprinzip* beinhaltet eine Reihenfolge, in der die Grafikprimitiven übereinander angeordnet werden.

Das *Gitternetz-Anordnungsprinzip* benötigt einen Abstand zwischen den Primitiven, die Werteinheitsgrösse pro Primitive und die Anzahl kartografischer Primitiven pro Zeile bzw. Spalte.

Bei der Anwendung des linearen Anordnungsprinzips (Abb. 4-7) können die kartografischen Primitiven gruppiert werden. Eine Eigenschaft ist damit die Anzahl der Gruppen. Die Minimalanzahl der Gruppen beträgt 1 (für nicht gruppierte Signaturen). Als weitere Eigenschaft wird ein Abstand zwischen den Gruppen benötigt. Ausserdem können kartografische Primitiven linear neben- und übereinander angeordnet werden, so dass sich das Bild eines unterteilten Diagramms ergibt. Die Minimalanzahl der nebeneinander angeordneten Primitiven beträgt 1 (z. B. bei einem unterteilten Stab), ebenso die der übereinander gestapelten Primitiven (z. B. bei einfachen Stabdiagrammen). Dort wird wiederum ein Abstand zwischen den nebeneinander angeordneten kartografischen Primitiven benötigt. Dieser Abstand kann auch negativ sein, was hintereinander gestellte Formen ergeben würde. Gleichzeitig muss angegeben werden, ob der Abstand zur vorhergehenden Primitive oder der von einem fixen Startpunkt angegeben wird. Das ist wichtig für kartografische Primitiven, die nicht die gleiche Breite besitzen (z. B. hintereinander gestellte wertproportionale Quadrate). Eine weitere Eigenschaft ist die Stapelung oder Nicht-Stapelung der kartografischen Primitiven.

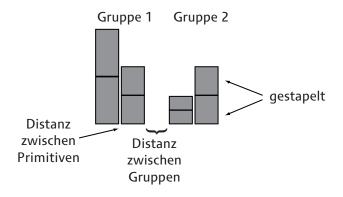


Abb. 4-7: Eigenschaften des linearen Anordnungsprinzips

Das *polare Anordnungsprinzip* wiederum kann als Eigenschaft einen Abstand vom Zentrum besitzen, der entweder für alle Primitiven fix oder abhängig von der Grösse der Primitive ist. Eine weitere Eigenschaft ist die Gruppierung der kartografischen Primitiven (z. B. für unterteilte bipolare und polare Stabdiagramme). Ebenso ist eine Stapelung bzw. Nicht-Stapelung von Primitiven

übereinander möglich. Bei polaren Kurvendiagrammen sollte auf all diese Eigenschaften verzichtet werden. Weiterhin sind ein Winkel, mit dem die Primitive orientiert wird, und ein Startwinkel nötig (Abb. 4-8).

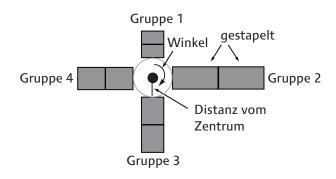


Abb. 4-8: Eigenschaften des polaren Anordnungsprinzips

Die Anzahl der Mengenwerte pro Diagrammsignatur und damit die Gesamtzahl angeordneter kartografischer Primitiven entspricht dem Produkt aus Gruppenanzahl, Anzahl der Mengenwerte pro Gruppe und Anzahl gestapelter Primitiven (bzw. Unterteilungen) pro Mengenwert.

Da beim *senkrechten Anordnungsprinzip* und beim *Dreiecksprinzip* die Positionen der kartografischen Primitiven die Mengenwerte repräsentieren, können dort keine weiteren Anordnungseigenschaften gefunden werden.

4.2.3 Kombinationen kartografischer Primitiven mit Anordnungsprinzipien

Interessant ist nun die Frage, welche Grafikprimitiven für welche Anordnungsprinzipien genutzt werden können. Die Tabelle 4-1 zeigt die aus der Analyse der untersuchten Diagrammsignaturen gewonnenen Ergebnisse.

Aus der Kombination einer kartografischen Primitive mit einem Anordnungsprinzip entsteht immer eine Diagrammsignatur, die jedoch nicht immer eindeutig sein muss. So ergibt zum Beispiel eine Kombination aus einem Kreissektor und dem polaren Anordnungsprinzip sowohl Kreissektorendiagramme, Flügeldiagramme als auch gebogene Stäbe. Theoretisch ist auch die Kombination mehrerer kartografischer Primitiven mit einem Anordnungsprinzip möglich (kombinierte Diagrammsignaturen, Abb. 4-9), die jedoch eine geringere Prägnanz aufweisen. Aus Gründen der Lesbarkeit und Vergleichbarkeit der

Mengenwerte sollte sich daher auf eine Primitive pro Anordnungsprinzip beschränkt werden, da prägnantere Formen eine höhere Wahrnehmungspriorität geniessen (*Buziek 2003*, *S. 36/37*).

Anordnungsprinzip	zentriert	Gitter	linear	polar	senkrecht	Dreieck			
Primitive									
Punkt	X*	-	-	-	X	X			
Polylinie	-	-	X	X	-	-			
Kurve	-	-	X	X	-	-			
Ellipse	(X)	(X)	(X)	(X)	X	-			
Kreis	X	X	X	X	-	-			
Kreisring	X	(X)	(X)	(X)	-	-			
Kreissektor	X	(X)	-	X	-	-			
Kreisringsektor	(X)	(X)	-	X	-	-			
Rechteck	X	X	X	X	X	-			
regelmässiges Polygon	X	X	X	X	-	-			
Legende:	X güns	X günstig (X)		ungünstig -		nicht möglich			
	* Punkts	* Punktstreuungssignatur oder Layoutelement ohne Aussage							

Tab. 4-1: Kombinationen kartografischer Primitiven mit Anordnungsprinzipien

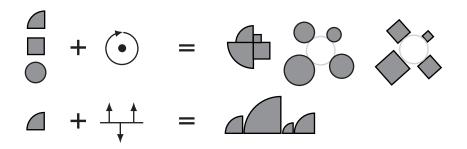


Abb. 4-9: Ungewöhnliche und schlechter lesbare Kombinationen

4.3 Skalierungsrichtungen und Proportionalität kartografischer Primitiven

Die dritte Hypothese sagt aus, dass sich die kartografischen Primitiven jeder Diagrammsignatur hinsichtlich ihrer Grösse abhängig vom Mengenwert ändern. Diese Grössenänderung folgt bestimmten Skalierungsrichtungen, die abhängig von der gewählten Primitive sind. Es können zwei Skalierungsrichtungen unterschieden werden (Abb. 4-10):

- Die Grössenänderung der Primitiven erfolgt *linear*. Dazu werden Radien, Höhen und Weiten der Primitiven verändert.
- Die Grössenänderung der Primitiven erfolgt *polar* (um einen Referenzpunkt). Dort wird der Winkel der Primitive verändert.

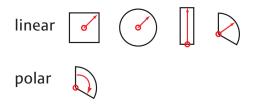


Abb. 4-10: Skalierungsrichtungen kartografischer Primitiven

Aus der Analyse der untersuchten Diagrammsignaturen ergibt sich die in Tabelle 4-2 gezeigte Übersicht. Jede Primitive besitzt mindestens eine Skalierungsrichtung. Ausnahmen sind die Primitiven Punkt, Polylinie und Kurve, da dort die Position und nicht die Grösse variiert. Diese Positionsänderung der Punkte und Stützpunkte der Polylinie und Kurve kann als lineare Skalierung betrachtet werden. Werden kartografische Primitiven mit Anordnungsprinzipien kombiniert und zusätzlich ihre Skalierungsrichtung definiert, dann ist die Diagrammsignatur eindeutig bestimmt.

Die Grössenänderung bzw. die Änderung der Distanz zwischen Ursprungspunkt und Position der kartografischen Primitiven kann längen-, flächen-, volumen- und frei proportional sein. Während sich bei längenproportionalen Änderungen nur eine Konstruktionseigenschaft der kartografischen Primitive ändern kann, können es bei flächenproportionalen Änderungen durchaus auch zwei sein (z. B. Breite und Höhe eines Rechtecks). In der Tabelle 4-3

werden die möglichen Konstruktionseigenschaften jeder Grafikprimitive aufgelistet, die abhängig vom Mengenwert längen-, flächen-, volumen- oder frei proportional geändert werden können.

Skalierungsrichtung	linear	polar
Primitive	-	
Punkt	_*	-
Polylinie	_*	-
Kurve	_*	-
Ellipse	X	-
Kreis	X	-
Kreisring	X	-
Kreissektor	X	X
Kreisringsektor	X	X
Rechteck	X	-
regelmässiges Polygon	X	-
Legende: X möglich	- nich	nt möglich
* als linea	r betrachtb	ar

Tab. 4-2: Skalierungsrichtungen der kartografischen Primitiven

Primitive	Konstruktionseigenschaften
Punkt	Position
Polylinie	Position (der Punkte)
Kurve	Position (der Punkte)
Ellipse	x-Radius, y-Radius
Kreis	Radius
Kreisring	Radius
Kreissektor	Winkel, Radius
Kreisringsektor	Winkel, Radius
Rechteck	Weite, Höhe
regelmässiges Polygon	(umgebender) Radius

Tab. 4-3: Mögliche Konstruktionseigenschaften zur Datenanbindung

4.4 Hilfskonstruktionen und Beschriftung

Zusätzlich können Hilfskonstruktionen zur konstruierten Diagrammsignatur hinzugefügt werden. Sie können helfen, den Inhalt der Signatur lesbarer zu machen. In vielen Signaturen sind sie jedoch nicht zwingend notwendig und stören zum Teil sogar das Kartenbild. In nur fünf der untersuchten Diagrammsignaturen sind sie wirklich nötig:

- bei polaren Kurvendiagrammen (sternförmig vom Zentrum verlaufende Linien und konzentrische Kreise oder regelmässige Polygone),
- bei Kurvendiagrammen (Hintergrundrechteck),
- bei Punktstreuungsdiagrammen (Hintergrundrechteck),
- bei Dreieckskoordinatendiagrammen (Hintergrunddreieck) und
- bei gebogenen Stäben (konzentrische Kreise).

Bis auf die Linien des polaren Kurvendiagrammes müssen diese Hilfskonstruktionen hinter die Diagrammsignatur gelegt werden, um die Signatur vom Kartenhintergrund zu separieren.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Lesbarkeit der Signatur ist die Beschriftung (z. B. Anschreiben der Mengenwerte an die Signaturteile). Sie sollte nicht nur für gedruckte Karten in Betracht gezogen werden. Ebenso könnten die Mengenwerte in Bildschirmkarten auch per Interaktion (z. B. in einem Tooltip) angezeigt werden.

4.5 Transformation der Diagrammsignatur

Nach der Konstruktion der Diagrammsignatur können Transformationen auf die gesamte Diagrammsignatur angewendet werden. Transformationen können Rotationen, Verschiebungen, Skalierungen und ihre Kombination sein. Verschiebungen können zum Beispiel bei der Platzierung einer Diagrammsignatur eine Rolle spielen, um Überdeckungen zu minimieren. Skalierungen sollten hingegen nicht angewendet werden, da über die Grösse der kartografischen Primitiven eine Aussage über die Mengenwerte getroffen wird.

4.6 Grafische Eigenschaften

Nach der Konstruktion der Diagrammsignatur können zusätzlich grafische Eigenschaften wie Farbe, Muster und Transparenz für jede Signaturfläche bzw. Farbe und Transparenz für jede Signaturumrandung angewendet werden. Dafür werden die grafischen Variablen Farbton, Helligkeit, Muster, Transparenz sowie die Farbsättigung verwendet.

Theoretisch kann die Zuweisung der grafischen Eigenschaften signatur-, gruppen-, stab-, primitiven-, positions- und positiv- / negativweise erfolgen (siehe Kapitel 3.2.4.1). Da die Zuweisung der grafischen Eigenschaften schwer in Regeln zu fassen ist, sollten jeder einzelnen kartografischen Primitive direkt grafische Eigenschaften zugewiesen werden.

4.7 Beispielhafte Anwendung der Konstruktionstheorie

Mit den sechs beschriebenen Schritten kann jede Diagrammsignatur eindeutig und vollständig beschrieben werden. Anhand eines polaren Stabdiagramms mit vier Stäben soll die Theorie noch einmal beispielhaft verdeutlicht werden.

In einem ersten Schritt wird eine kartografische Primitive ausgewählt. Im Beispiel ist das ein Rechteck (Stab). Es wird festgelegt, dass das Rechteck eine fixe Weite und eine variable Höhe abhängig vom Mengenwert hat. Damit ist die Skalierungsrichtung der Primitive gegeben. Es muss zusätzlich die Proportionalität festgelegt werden (längenproportional). Es werden so viele Rechtecke erstellt, wie Mengenwerte vorhanden sind (in unserem Fall vier; siehe Abb. 4-11).

In einem zweiten Schritt werden die erstellten kartografischen Primitiven nach dem polaren Anordnungsprinzip angeordnet (um ein Zentrum herum). Als Anordnungseigenschaften werden die Anzahl der Gruppen, die Anzahl gestapelter Primitiven (Unterteilung), der Startwinkel und der Gesamtwinkel angegeben (Abb. 4-11).

In einem dritten Schritt können Hilfskonstruktionen zugewiesen werden, die aber in diesem Beispiel nicht unbedingt nötig sind. In Abbildung 4-11 wurden vom Zentrumspunkt ausgehende Linien ausgewählt. Auch Transformationen der gesamten Diagrammsignatur müssten hier nicht ausgeführt werden.

Zum Schluss werden den einzelnen kartografischen Primitiven individuell grafische Eigenschaften zugewiesen.

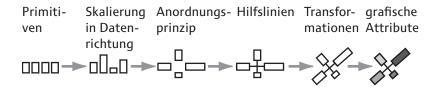


Abb. 4-11: Konstruktion eines polaren Stabdiagramms

4.8 Taxonomie der Diagrammsignaturen nach Konstruktionsgesichtspunkten

Anhand der Analyse der Diagrammsignaturen und der neuen Konstruktionstheorie kann eine Taxonomie der Diagrammsignaturen nach Konstruktionsgesichtspunkten erstellt werden (Tafel 4-1). Dabei werden dreidimensionale Signaturen ausgeklammert. Die Darstellungsmöglichkeiten werden abhängig von der Art der Daten (Qualität / Quantität) und der Anzahl der Mengenwerte untergliedert. In einer dritten Gliederungsstufe werden die Signaturen anhand ihrer Anordnungsprinzipien klassifiziert.

punktbezogene Daten Qualitäten Quantitäten - 1 Mengenwert gestuft (klassiert) Relativwerte (pro Fläche) 0 - 9 E./km² 10 - 19 E./km² 20 - 29 E./km² Choroplethen - Signaturen mit zentriertem Anordnungsprinzip u. polarer Skalierungsrichtung (Kreissektor, Kreisringsektor) Absolutwerte - Signaturen mit zentriertem Anordnungsprinzip (bildhafte Signaturen, geometrische Signaturen, Buchstaben- u. Ziffernsignaturen) kontinuierlich (stetig) Relativwerte - Signaturen mit zentriertem Anordnungsprinzip u. polarer Skalierungsrichtung (Kreissektor, Kreisringsektor) Absolutwerte - Signaturen mit zentriertem Anordnungsprinzip (wertproportionale Signaturen) Signaturen mit Gitter-Anordnungsprinzip mehrere Mengenwerte - Absolut- und Relativwerte СЬ - Signaturen mit linearem Anordnungsprinzip - Signaturen mit polarem Anordnungsprinzip Signaturen mit rechtwinkligem Anordnungsprinzip - Signaturen mit Dreieck-Anordnungsprinzip

Tafel 4-1: Taxonomie der Diagrammsignaturen nach Konstruktionsgesichtspunkten

5 Formalisierung der Konstruktionstheorie mit DiaML (Diagram Markup Language)

Die im Kapitel 4 entwickelte Konstruktionstheorie bietet enorme Vorteile für die Konstruktion von Diagrammsignaturen in Karten. Durch die Trennung von kartografischen Primitiven und Anordnungsprinzipien können vor allem Diagrammsignaturen für die Darstellung mehrerer Mengenwerte sehr flexibel konstruiert werden. Daher soll die Konstruktionstheorie nun praktisch umgesetzt werden. Die drei Umsetzungsmöglichkeiten wurden im Kapitel 2.4.2 diskutiert. Aufgrund der geforderten Flexibilität, Programmunabhängigkeit und Erweiterbarkeit wird die Modellierung der Diagrammsignaturen mit einer XML-basierten Beschreibungssprache bevorzugt. XML (eXtensible Markup Language, XML 2004) ist eine beliebig erweiterbare Markupsprache. Die XML-basierte Beschreibungssprache wurde DiaML (Diagram Markup Language) genannt, da damit das Aussehen der Diagrammsignaturen beschrieben werden soll. Dabei ist die Beschreibung vollkommen programmunabhängig, das heisst, sie kann in beliebige Programme als Import- oder Exportformat integriert oder sogar von Hand erzeugt werden. Auch die Lesbarkeit ist sowohl von der Nutzer- als auch von der Programmseite her gegeben. Mit Hilfe einer XML Schema Definition (XSD, XMLSchema 2004) konnten Regeln aufgestellt werden, die die Struktur der Beschreibungssprache (welches Tag darf wie oft und mit welchen Eigenschaften wo auftauchen?) festlegen. Das dokumentierte Schema befindet sich im Anhang IV. Dort befinden sich auch einige beispielhafte DiaML-Dateien.

5.1 Inhalte von DiaML

5.1.1 Kartografische Primitiven

In DiaML wird eine Diagrammsignatur einmal definiert. Beim Anwenden der Beschreibung wird diese Definition eingelesen und für die unterschiedlichen Mengenwerte pro Position in der Karte angewendet. Die Inhalte der Beschreibungssprache sind schon in der Konstruktionstheorie festgelegt worden. Sie müssen jedoch nun genauer spezifiziert werden.

Als kartografische Primitiven stehen die folgenden zehn Grundformen zur Verfügung. Jede dieser Primitiven hat bestimmte Konstruktionseigenschaften:

- ellipse (position, rX, rY)
- circle (position, r)
- ring (position, r, innerR)
- rectangle (position, width, height, rectRx, rectRy)
- regularPolygon (position, r, innerR, edgeNr)
- sector (position, r, startAngle, angle)
- ringSector (position, r, innerR/fixWidth, startAngle, angle)
- point (position, r)
- polyline (position, points)
- curve (position, points)

Mit der Eigenschaft "points" werden über die Position der Linienstützpunkte Mengenwerte dargestellt. In allen Fällen können sowohl die Radien (r) und inneren Radien (innerR) als auch die Weiten und Höhen nicht negativ werden. Um ein regelmässiges Polygon zeichnen zu können, werden mindestens drei Eckpunkte benötigt. Die Startwinkel können zwischen -360 und +360 Grad jeden Wert annehmen. Die Sektorenwinkel dürfen hingegen nur positive Werte zwischen 0 und 360 Grad besitzen. Ringsektoren können auch eine fixe Ringbreite besitzen. Das ist für gebogene Stäbe nötig. Normalerweise sollte aber ein innerer Radius gewählt werden, der proportional zum äusseren Radius ist. Optional kann ein Rechteck abgerundete Ecken besitzen (rectRx, rectRy).

Die Position (position) spielt als Konstruktionseigenschaft keine Rolle. Sie wird nur zur Platzierung der Diagrammsignaturen verwendet. Da die Platzierung der Signaturen in der Karte automatisch anhand von nutzerdefinierten Koordinaten erfolgen soll, muss die Position nicht in DiaML angegeben werden.

5.1.2 Skalierung der Primitiven anhand der Daten

Jede Primitive kann transformiert werden. Die Transformationen beschränken sich auf Rotationen und Translationen, falls die Mengenwerte mit der grafischen Variable Grösse dargestellt werden und eine Skalierung die Grösse verändern würde. Es können Rotationen zwischen -360 und 360 Grad sowie beliebig grosse negative oder positive Verschiebungen in x- und y-Richtung vorgenommen werden, um das Layout der Signatur anzupassen. Punkte, Polylinien und Kurven repräsentieren die Mengenwerte über ihre Position bzw. über die Position ihrer Stützpunkte. Daher sollten diese Primitiven möglichst nicht transformiert werden, da sich diese Position ändern würde und somit unter Umständen eine falsche Aussage entstehen kann.

Die oben definierten Primitiven müssen anhand der Mengenwerte skaliert werden. Dafür wird eine Proportionalitätseigenschaft "proportional" eingeführt, die die Werte "length" (längenproportional), "area" (flächenproportional), "volume" (volumenproportional) oder "number" (Anzahl, für Zählrahmendiagramme) einnehmen kann. Da bei den meisten Primitiven mehrere Konstruktionseigenschaften (z. B. Weite und Höhe oder Winkel und Radius) verändert werden können, um die Proportionalität zu erreichen, muss an diese Eigenschaften ein Attribut "scale" angehängt werden, welches die Veränderlichkeit der jeweiligen Eigenschaft bestimmt. Dieses Attribut "scale" kann folgende Werte annehmen:

- fixed
- dataValue
- partSum
- incremental
- totalSum

Das Attribut wird auf "fixed" gesetzt, wenn ein unveränderlicher Wert eingetragen wird. Die Option "dataValue" ignoriert (bis auf die später aufgeführten Ausnahmefälle) den eingetragenen Wert, die Konstruktionseigenschaft wird abhängig vom Mengenwert verändert. "partSum" ignoriert ebenfalls den eingetragenen Wert und verändert die Konstruktionseigenschaft abhängig von der Summe der Mengenwerte einer Gruppe. Diese Option ist wichtig für unterteilte Flügeldiagramme, bei denen jeder Flügel einen anderen Radius besitzt, die Fläche der Flügelunterteilungen jedoch mit dem Winkel geändert wird (siehe Anhang VI, Signatur 21).

Eine weitere Möglichkeit ist die Wahl von "incremental". Diese Option ist nur für gebogene Stäbe nötig. Der eingetragene Wert wird für den ersten Kreisringsektor genutzt, bei jedem weiteren Ringsektor wird das Produkt aus der Breite des gebogenen Stabs (fixWidth) und der Anzahl bisher verarbeiteter Kreisringsektoren addiert (Abb. 5-1).

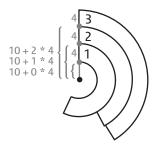


Abb. 5-1: Radiusberechnung bei gebogenen Stäben

Die Option "totalSum" wird genutzt, wenn der eingetragene Wert ignoriert werden kann und statt dessen die Gesamtsumme aller Werte angewendet wird. Diese Möglichkeit ist für Radien bei Kreissektorendiagrammen nötig.

Nicht immer sind jedoch Primitiven komplexer Diagrammsignaturen so einfach skalierbar. Bei Signaturen des senkrechten Anordnungsprinzips müssen zwei Mengenwerte pro Primitive dargestellt werden. So werden zum Beispiel bei Rechteck- bzw. Ellipsendiagrammen sowohl die Weite bzw. der x-Radius als auch die Höhe bzw. der y-Radius mit den verschiedenen Mengenwerten skaliert (Option "dataValue" ist ausgewählt). In diesem Fall wird die Reihenfolge der Mengenwerte und der Konstruktionseigenschaften genutzt, um je eine Konstruktionseigenschaft abhängig vom Mengenwert zu verändern.

Einen weiteren Spezialfall bilden Signaturen des zentrierten Anordnungsprinzips mit mehreren Primitiven sowie Rechteckflächen-Diagramme (siehe Anhang VI, Signatur 40) (lineares Anordnungsprinzip). Diese Diagrammsignaturen weisen mehrere Konstruktionseigenschaften auf, die mit dem gleichen Mengenwert skaliert werden sollen. Bei solchen Signaturen wird der eingetragene Wert als Verhältnisfaktor des Mengenwertes genutzt, um das Grössenverhältnis zwischen mehreren Primitiven pro Diagrammsignatur bzw. mehre-

ren Konstruktionseigenschaften einer Primitive zu bestimmen (Abb. 5-2). Wichtig ist dabei, dass der gleiche Mengenwert für die Primitiven bzw. Primitiveneigenschaften genutzt wird.

circle: <radius scale="dataValue">2</radius>
square: <radius scale="dataValue">1</radius>

Abb. 5-2: Skalierung bei zentrierten Diagrammsignaturen mit zwei Primitiven

Da die Gesamtgrösse der Diagrammsignatur vorgegeben ist (siehe Kapitel 5.1.6), wird das Verhältnis zwischen beiden Werten gebildet und angewendet. Das Quadrat hat in diesem Beispiel daher nur einen halb so grossen Radius wie der Kreis (Abb. 5-2).

Ähnlich funktioniert dieses Prinzip auch bei linear angeordneten Signaturen. Wird zum Beispiel ein Rechteckflächen-Diagramm konstruiert, ändern sich sowohl die Weite als auch die Höhe proportional zur Fläche. Es wird in diesem Fall das Verhältnis aus Weite und Höhe berechnet (Abb. 5-3).

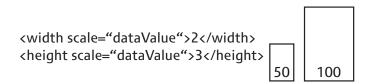


Abb. 5-3: Skalierung bei linear angeordneten Signaturen mit zwei skalierbaren Eigenschaften

5.1.3 Grafische Eigenschaften der Primitiven

Zusätzlich besitzen diese Primitiven die grafischen Eigenschaften Füllfarbe, -muster, -transparenz sowie Strichfarbe, -transparenz und weitere Stricheigenschaften. Inspiriert von Stildefinitionen in CSS (Cascading Style Sheets) und SVG (Scalable Vector Graphics) wurden die grafischen Eigenschaften folgendermassen definiert:

- fill (color, pattern, "none")
- fill-opacity
- stroke (color, "none")
- stroke-width
- stroke-opacity
- stroke-linecap ("butt", "round", "square")
- stroke-linejoin ("miter", "round", "bevel")
- stroke-miterlimit
- stroke-dasharray
- stroke-dashoffset

Die Füllung kann sowohl Farbwerte im Hexadezimalcode (z. B. #ffffff), im RGB-Code (z. B. rgb(255,255,255)) oder als Farbnamen (z. B. white) als auch Muster (Angabe von "#" + Pattern-Id) enthalten. Wird keine Füllung benötigt, kann sie auf "none" gesetzt werden. Auch kann eine Opazität für die Füllung angegeben werden, die zwischen 0 (nicht opak) und 1 (opak) liegen kann. Für Stricheigenschaften (siehe auch Held 2005) gelten die gleichen Bedingungen wie für Füllungseigenschaften, mit Ausnahme des Musters, welches aus Lesbarkeitsgründen nicht auf Striche angewendet werden sollte. Zusätzlich kann eine Strichstärke angegeben werden, die positive Werte enthalten muss. Optional kann auch das Aussehen der Strichenden mit "stroke-linecap" festgelegt werden. Damit wird definiert, ob der Strich exakt bis an den Endpunkt der Linie reicht ("butt"), am Ende abgerundet ist ("round") oder rechteckig ("square") gezeichnet wird (die beiden letzten Optionen ragen über den Endpunkt des Striches hinaus). Der Standardwert ist "butt". Als weiteres Merkmal kann mit "stroke-linejoin" das Aussehen des Striches beim Zusammentreffen zweier Liniensegmente definiert werden ("miter" für spitze Ecken, "bevel" für angeschrägte Ecken und "round" für abgerundete Ecken). Der Standardwert ist hier "miter". Die Grösse des Winkels, ab dem dieser Segmentwinkel verändert werden soll, wird mit "stroke-miterlimit" festgelegt, wobei diese Eigenschaft nur in Kombination mit "stroke-linejoin" verwendet werden sollte und nur positive Werte <= 1 annehmen kann (der Standardwert ist 4). Für eine Strichlierung kann mit "stroke-dasharray" die Länge der Striche und der dazwischenliegenden Lücken bestimmt werden. Ausserdem kann ein positiver oder negativer Offset-Wert angegeben werden, der den Strichlierungsstartpunkt verschiebt ("stroke-dashoffset").

5.1.4 Anordnungsprinzipien

Jedes Anordnungsprinzip (arrangement principle) hat Eigenschaften, mit denen die Anordnung der kartografischen Primitiven näher definiert wird. Es stehen folgende Anordnungsprinzipien zur Verfügung:

- centered
- grid (unitDistance, unitsPerRow, unitValue)
- linear (groups, parts, distance)
- polar (centerDistance, distance, groups, parts, totalAngle)
- perpendicular
- triangular

Das zentrierte Anordnungsprinzip ("centered") besitzt wie das senkrechte ("perpendicular") und das Dreiecksprinzip ("triangular") keine besonderen Anordnungseigenschaften.

Beim Gitternetz-Anordnungsprinzip ("grid") müssen die Eigenschaften Einheitswert (unitValue), Anzahl Primitiven pro Reihe (unitsPerRow) und die Abstände zwischen den Primitiven (unitDistance) angegeben werden. Die gesamte Signatur dieses Prinzips kann nur einen Mengenwert darstellen. Jede Primitive der Signatur stellt einen Bruchteil dieses Mengenwertes dar. Dieser Bruchteil wird als Einheitswert bezeichnet. Alle drei Eigenschaften können nur positive Werte annehmen.

Das lineare Anordnungsprinzip benötigt die Angaben zur Gruppenanzahl (groups) und ihrer Distanz zueinander (Attribut "distance" im Element "groups"), zur Anzahl der über- oder nebeneinander gestapelten Primitiven pro unterteiltem Diagrammteil (Element "parts" mit Attribut "arrangement" und dessen Werten "stacked" oder "row") und zur Distanz zwischen den Diagrammteilen (distance). Die Distanz kann ein optionales Attribut "from" haben, welches die Werte "startpoint" (Messung der Distanz von einem Ursprungspunkt) oder "lastPrimitive" (Messung der Distanz von der letzten Primitive) annehmen kann. Die Werte, die eine Anzahl ausdrücken, dürfen nur positive ganzzahlige Werte sein. Die Distanzen können auch negative Werte annehmen.

Das polare Anordnungsprinzip hat die meisten Anordnungseigenschaften. Hier sollte die Distanz zum Referenzpunkt (centerDistance), die Distanz zwischen den Primitiven (distance), die Anzahl der Gruppen (groups) ohne Gruppendistanz, die Anzahl der über- oder nebeneinander gestapelten Primitiven pro unterteiltem Diagrammteil (Element "parts" mit Attribut "arrangement" und dessen Werten "stacked" oder "row") sowie der Gesamtwinkel, in dem die Diagrammteile angeordnet werden (totalAngle), definiert werden. Es gelten für die Distanzwerte und Anzahlswerte die gleichen Einschränkungen wie beim linearen Anordnungsprinzip. Der Gesamtwinkel darf zwischen 0 und 360 Grad liegen.

5.1.5 Hilfskonstruktionen und Beschriftung

Weiterhin können die folgenden fünf Hilfskonstruktionen ("guides") optional eingesetzt werden:

- guideBgRectangle
- guideBgTriangle
- guideCircle (r)
- guideRegularPolygon (r, edgeNr)
- guideLine (from, to)

Die Hilfskonstruktionen Hintergrundrechteck ("guideBgRectangle") und Hintergrunddreieck ("guideBgTriangle") haben keine zusätzlichen Eigenschaften, sie werden jedoch unter den Signaturprimitiven angeordnet. Alle anderen Hilfskonstruktionen werden über den Signaturprimitiven arrangiert. Bei einem Kreis ("guideCircle") oder bei einem regelmässigen Polygon ("guideRegularPolygon") als Hilfskonstruktion muss der Radius in Abhängigkeit von der maximalen Signaturausdehnung angegeben werden. Er kann Werte zwischen 0 und 100 Prozent der Maximalausdehnung annehmen. Zusätzlich muss bei Hilfskonstruktionen in Form eines regelmässigen Polygons eine Anzahl Ecken angegeben werden. Wird eine Hilfslinie ausgewählt ("guideLine"), so müssen die Attribute "from" und "to" gesetzt werden. Diese können jeweils die Werte "center", "bottom", "top", "left", "right", "bottomRight", "bottomLeft", "topRight" und "topLeft" annehmen, also in jede Himmelsrichtung verlaufen.

Die direkte Beschriftung wird in einer thematischen Karte in der Regel nicht erfolgen. Eher wird sie über Tooltips indirekt angezeigt werden. Für DiaML wird daher eine Option "labelData" eingeführt, die die Werte "yes" und "no" annehmen kann. Ist die Option "yes" gewählt, werden die Daten interaktiv per Tooltip beim Überfahren mit der Maus dargestellt.

5.1.6 Transformation der gesamten Signatur (Figurenmassstab)

Die gesamte Signatur kann optional transformiert werden. Es werden also Rotationen, Verschiebungen und ein Figurenmassstab angewendet, der die Gesamtgrösse der Signaturen im Verhältnis zur Karte bestimmt. Dafür werden folgende Eigenschaften definiert:

- rotation
- translationX
- translationY
- areaRatio
- minSize

Der Rotationswinkel kann hier Werte zwischen -360 und +360 Grad annehmen, bei der Translation können auch negative Werte in x- und y-Richtung auftreten. Diese Verschiebungen und Rotationen werden auf jede Signatur in der Karte angewendet, sind also eher zum Ausrichten der platzierten Signaturen zu gebrauchen. Die Eigenschaft "areaRatio" definiert das Verhältnis zwischen der Kartenfläche und der Fläche aller Signaturen in der Karte. Die Werte liegen zwischen 0 und 100 Prozent der Kartenfläche, die Eigenschaft sollte aber ungefähr zehn Prozent der Kartenfläche einnehmen (siehe Keller 1989, S. 20 und 68 sowie Dent 1999, S. 176). Auf eine Änderung dieses Wertes sollte in der Regel verzichtet werden. Nur in den Ausnahmefällen ist so eine Änderung sinnvoll, in denen die Fläche aller Signaturen ihren Anteil an der Kartenfläche von etwa zehn Prozent markant über- oder unterschreitet. Die Minimalgrösse "minSize" gibt den minimalen Gesamtradius bzw. die minimale Gesamthöhe einer Diagrammsignatur an. Wird die Mengenwertesumme der Diagrammsignatur dargestellt, so kann die Diagrammsignatur minimal in dieser Grösse visualisiert werden. Darunter liegende Mengenwertesummen werden in der Minimalgrösse dargestellt, alternativ könnte auch eine andere Signatur angewendet werden (ist in DiaML bislang nicht vorgesehen).

5.2 Formalisierung von DiaML

Die oben beschriebenen Inhalte müssen nun in DiaML sinnvoll strukturiert werden. Prinzipiell kann zwischen einfachen Diagrammsignaturen für die Darstellung eines Mengenwertes ("simpleSymbol") und denen für die Darstellung mehrerer Mengenwerte ("diagram") unterschieden werden. Da einzelne Anordnungsprinzipien (wie im Kapitel 4.2.2 beschrieben) nicht miteinander kombiniert werden sollten, bietet sich eine Strukturierung dieser Diagrammsignaturen in die Anordnungsprinzipien an. Dementsprechend gibt es Anordnungsprinzipien, die nur zur Darstellung eines Mengenwertes ("simpleArrangement") und solche, die nur für die Darstellung mehrerer Mengenwerte ("diagramArrangement") genutzt werden können. Zur ersten Gruppe gehören das zentrierte und das Gitteranordnungsprinzip, zur zweiten die restlichen Prinzipien.

Je mehr Primitiventypen in einer Signatur genutzt werden, desto schlechter wird die Diagrammsignatur lesbar. Daher wird idealerweise nur ein Primitiventyp pro Signatur verwendet, dessen grafische Eigenschaften sich jedoch ändern können. Die einfachste Möglichkeit, eine Mehrfachdefinition von Primitiven und grafischen Eigenschaften zu vermeiden, besteht in separaten Definitionen der Primitiventypen ("primitive") mit ihren Konstruktionseigenschaften und separaten Stildefinitionen ("style"). Diese können nun beliebig miteinander kombiniert werden.

Es existiert je nach Diagrammsignatur eine bestimmte Anzahl Beziehungen zwischen den Primitiven, ihren grafischen Eigenschaften und den darzustellenden Mengenwerten. Diese können in Beziehungen innerhalb einfacher Diagrammsignaturen zur Darstellung eines Mengenwertes ("simpleRelation") und in solche innerhalb Diagrammsignaturen zur Darstellung mehrerer Mengenwerte ("diagramRelation") unterschieden werden. Es können mehrere Beziehungen pro Signatur auftreten, wobei jede Beziehung auf genau eine Primitiven- und Stildefinition referenziert ("primitiveRef", "styleRef"). Ausserdem können die Beziehungen zwischen den Mengenwerten und den Primitiven modelliert werden. Da die gleichen Primitive-Stil-Kombinationen für mehrere Mengenwerte genutzt werden können, ist es möglich, dass die Referenzen auf diese Mengenwerte ("dataRef") mehrfach in das Beziehungsmodell integriert

werden. Das funktioniert natürlich nur bei Diagrammsignaturen zur Darstellung mehrerer Mengenwerte, da einfache Diagrammsignaturen nur einen Mengenwert darstellen.

In der Diagrammsignaturbeschreibung werden zusätzlich Angaben zu Hilfskonstruktionen ("guides") und zur interaktiven Beschriftung ("labelData") gemacht. Dort können jeweils die im Kapitel 5.1.5 beschriebenen Optionen ausgewählt und eingefügt werden. Die Diagrammsignaturbeschreibung erhält daher folgende Struktur (Abb. 5-4):

```
symbol
                                                 symbol
 - style id="s1"
                                                   style id="s1"
  style id="s2"
                                                    style id="s2"
                                                    primitive id="p1"
  primitive id="p1"
  primitive id="p2"
                                                    diagram {transformation parameters}
                                                       diagramArrangement
  simpleSymbol {transformation parameters}
                                                       diagramRelation
    - simpleArrangement
                                                          dataRef ("data1")

    simpleRelation

                                                          dataRef ("data2")
       - dataRef ("data1")
        - primitiveRef ("p1")
                                                          primitiveRef ("p1")
       L styleRef ("s1")
                                                        L styleRef ("s1")

    simpleRelation

                                                       diagramRelation
       - dataRef ("data1")
                                                         - dataRef ("data5")
        - primitiveRef ("p2")
                                                          dataRef ("data6")
       L styleRef ("s2")
                                                          primitiveRef ("p1")
                                                          styleRef ("s2")
     quides
     labelData
                                                       guides
                                                       labelData
```

Abb. 5-4: Struktur von DiaML für einfache Signaturen (links) und Diagramme (rechts)

Die Beziehungen zwischen Grafikstilen, Primitiven und Mengenwerten können auf verschiedene Weise definiert werden. Entweder wird jeder Datenreferenz eine Primitiven- und Stilreferenz zugewiesen, oder mehrere Datenreferenzen erhalten die gleichen Primitiven- und Stilreferenzen. Die erste Möglichkeit kann bei vielen Mengenwerten zu sehr langen Beschreibungen führen (Tafel 5-1, linke Seite), daher ist die zweite Option zu empfehlen (Tafel 5-1, rechte Seite). Diese fasst Primitiven mit gleichen Stilen zusammen.

```
<diagramRelation>
                                              <diagramRelation>
       <dataRef>pop96</dataRef>
                                                     <dataRef>pop96</dataRef>
       <primitiveRef>p1</primitiveRef>
                                                     <dataRef>pop97</dataRef>
       <styleRef>s1</styleRef>
                                                     <dataRef>pop98</dataRef>
</diagramRelation>
                                                     <primitiveRef>p1</primitiveRef>
                                                     <styleRef>s1</styleRef>
<diagramRelation>
       <dataRef>pop97</dataRef>
                                              </diagramRelation>
       primitiveRef>p1/primitiveRef>
       <styleRef>s1</styleRef>
</diagramRelation>
<diagramRelation>
       <dataRef>pop98</dataRef>
       <primitiveRef>p1</primitiveRef>
       <styleRef>s1</styleRef>
</diagramRelation>
```

Tafel 5-1: Beziehungsmodell zwischen Daten-, Primitiven- und Stilreferenzen

Um die Diagrammsignaturbeschreibung weiter zu vereinfachen, werden bestimmte Konstruktionseigenschaften per Default gesetzt, auch wenn sie nicht angegeben wurden. Die Anzahl der Gruppen ("groups") bzw. der Unterteilungen ("parts") werden standardmässig auf "1" gesetzt, die Beschriftung ("labelData") auf "no".

In der Diagrammsignaturbeschreibung ist es unwichtig, in welcher Reihenfolge die Primitiven-, Stil- und Datenreferenzen angeordnet sind. Die Referenzierung dient lediglich der Festlegung der Primitiven und Stile. Die Reihenfolge der Primitiven in einer Diagrammsignatur hängt nicht von der Beschreibung, sondern von der Reihenfolge der Daten ab. Eine nähere Erläuterung dieser Aussage zeigt das folgende Beispiel. Es sollen die Bevölkerungsdaten (männlich/weiblich) pro Jahr von 1996 bis 1999 dargestellt werden. Das entspricht acht Mengenwerten pro Diagrammsignatur. Diese sind wie folgt in der Datei, die die Daten enthält, angeordnet:

- 96male
- 96female
- 97male
- 97female
- 98male
- 98female
- 99male
- 99female

Diese Daten sollen in einem bipolaren Stabdiagramm (zwei Gruppen, keine Unterteilungen) dargestellt werden. Dazu wird eine Signaturbeschreibung erstellt, die die in Tafel 5-2 dargestellten Relationen enthält:

```
<diagramRelation>
       <dataRef>96male</dataRef>
       <dataRef>97male</dataRef>
       <dataRef>98male</dataRef>
       <dataRef>99male</dataRef>
       <primitiveRef>p1</primitiveRef>
       <styleRef>s1</styleRef>
</diagramRelation>
<diagramRelation>
       <dataRef>96female</dataRef>
       <dataRef>97female</dataRef>
       <dataRef>98female</dataRef>
       <dataRef>99female</dataRef>
       <primitiveRef>p1</primitiveRef>
       <styleRef>s2</styleRef>
</diagramRelation>
```

Tafel 5-2: Beispiel-Relationen in einem bipolaren Stabdiagramm

Unabhängig von der Reihenfolge der Referenzen in Tafel 5-2 werden die Daten in ihrer oben beschriebenen Reihenfolge aus der Datei eingelesen, in Gruppen unterteilt und als Primitiven in den Diagrammsignaturen dargestellt.

Die Darstellung ist polar, das heisst, die Gruppenanordnung verläuft von der Nordposition aus im Uhrzeigersinn um den Platzierungspunkt. Daher ergibt sich eine Diagrammsignatur wie in Abbildung 5-5.

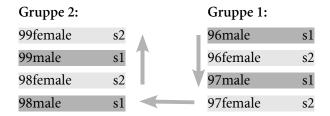


Abb. 5-5: Bipolares Stabdiagramm mit falscher Reihenfolge der Daten

Sollen alle Daten der männlichen Bevölkerung in einer Gruppe und alle Daten der weiblichen Bevölkerung in einer anderen Gruppe dargestellt werden und gleichzeitig die Jahrgänge in einer Ebene liegen, muss die Reihenfolge der Daten in der Datei geändert werden (Abb. 5-6). Die Diagrammsignaturbeschreibung kann unverändert bleiben.

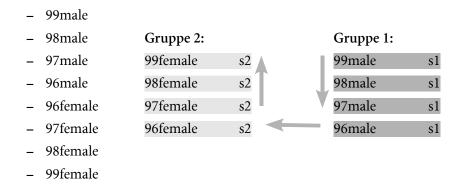


Abb. 5-6: Datenreihenfolge für ein richtig angeordnetes bipolares Stabdiagramm

Bei unterteilten Diagrammsignaturen ist die Reihenfolge der Mengenwerte um einiges schwieriger zu bestimmen. Die Abbildung 5-7 zeigt die Reihenfolge in einem unterteilten bipolaren Stabdiagramm (z. B. für Bevölkerungsdaten pro Jahr von 1996 bis 1999, unterteilt nach Geschlecht (male / female) und Alter (Young / Old)). Es müssen also eine Primitive und vier Stile in DiaML definiert werden.

- 99maleYoung
- 99maleOld
- 98maleYoung
- 98maleOld
- 97maleYoung

- 97	maleOld	Gruppe 2:		Gruppe 1:	
- 96	omaleYoung	99femaleOld	99femaleYoung	99maleYoung	99maleOld
- 96	omaleOld	98femaleOld	98femaleYoung	98maleYoung	98maleOld
- 96	ofemaleYoung	97femaleOld	97femaleYoung	97maleYoung	97maleOld
- 96	ofemaleOld	96femaleOld	96femaleYoung	96maleYoung	96maleOld

- 97femaleYoung
- 97femaleOld
- 98femaleYoung
- 98femaleOld
- 99femaleYoung
- 99femaleOld

Abb. 5-7: Datenreihenfolge für ein unterteiltes bipolares Stabdiagramm

6 Map Symbol Brewer: Anwendung von Konstruktionstheorie und DiaML

Die in den vorherigen Kapiteln beschriebene Konstruktionstheorie wurde mit der Beschreibungssprache DiaML modelliert. In diesem Kapitel soll nun aufgezeigt werden, dass die Theorie auch in der Praxis funktioniert und angewendet werden kann. Dazu wurde eine modulare Applikation namens "Map Symbol Brewer" entwickelt, mit der die DiaML-Beschreibung eingelesen, generiert und auch einige der Diagrammsignaturen konstruiert werden können. *Der Map Symbol Brewer (siehe Schnabel 2006a) ist somit eine Anwendung zur einfachen Erzeugung von Diagrammsignaturen in Karten.* Der Name der Applikation ist abgeleitet vom "Color Brewer", einer Anwendung zur einfachen Generierung von kartografischen Farbreihen (*Brewer/Harrower 2002*). Weitere Brewer-Applikationen sind zur Zeit in Entwicklung, daher wurden acht Kriterien für diese Applikationen aufgestellt (*Brewer 2005*):

- Es werden Auswahlmöglichkeiten für einen spezifischen Zweck angeboten. Daher müssen grundlegende Prinzipien nicht erklärt und keine langen Erläuterungen in die Applikation integriert werden.
- Die Auswahlmöglichkeiten sind strukturiert und organisiert und somit deutlich für den Nutzer erkennbar. Sie sind nicht unstrukturiert in einer Liste aufgeführt.
- Alle Auswahlmöglichkeiten sind potentiell für die Problemlösung geeignet. Vollkommen falsche Auswahlmöglichkeiten dürfen nicht möglich sein.
- Alle Auswahlmöglichkeiten sind wählbar. Dadurch soll der Nutzer ermuntert werden, die ganze Bandbreite existierender Möglichkeiten zu entdecken.
- Die Auswahlmöglichkeiten sind nicht softwarespezifisch. Die Lösungen können in beliebige Applikationen eingebaut werden.
- Es sind nur Grundkenntnisse für die Nutzung der Applikation notwendig. Programmierkenntnisse werden nicht benötigt.
- Die Auswahlmöglichkeiten können mit Tipps zu ihrer Eignung erweitert werden. Erfahrene Benutzer sollen diese Hinweise ignorieren können.
- Die Nutzer sollen die Auswahlmöglichkeiten kritisch hinterfragen können, indem sie das Resultat z. B. über eine Vorschaumöglichkeit evaluieren.

Die oben genannten Kriterien treffen bis auf den vorletzten Punkt alle auf den Map Symbol Brewer zu. Damit ist er ein typischer Vertreter der Brewer-Familie, der speziell auf den Zweck der einfachen Diagrammsignaturerstellung zugeschnitten ist. Die vom Benutzer benötigten Konstruktionsangaben wurden in einzelne Schritte aufgeteilt und übersichtlich organisiert. Sie können Schritt für Schritt abgearbeitet werden. Eine Nutzerangabe in einem Schritt wirkt sich auf die anderen Eingabemöglichkeiten aus und schränkt die Optionen immer weiter ein. Die Applikation kann über einfache Formularelemente bedient werden, auch ein Vorschaufenster zur Evaluation des Resultats ist vorhanden. Der Map Symbol Brewer ist browserunabhängig, die Auswahlmöglichkeiten können jederzeit mit anderen Techniken wie Flash oder Java umgesetzt werden. Tipps zur Eignung der Auswahlmöglichkeiten sind bislang jedoch noch nicht integriert worden.

6.1 Ziel und Zielpublikum

Das Ziel der Applikation ist die möglichst unkomplizierte Generierung einfacher und komplexer Diagrammsignaturen für thematische Karten, wodurch die Signaturvielfalt in der Kartografie und speziell in Internetkarten gefördert werden soll. Der Map Symbol Brewer soll im Gegensatz zu existierenden Kartografielösungen wie GIS, Kartenkonstruktionsprogrammen und Plugins für Vektorgrafikprogramme einfacher bedienbar sein und nicht nur die thematische Karte, sondern auch die Diagrammsignaturbeschreibung DiaML ausgeben, damit diese in andere Anwendungen eingebunden werden kann. Für komplexere Signaturen wie Diagramme ist dadurch keine komplizierte Programmierung nötig. Der Map Symbol Brewer funktioniert online und ist besonders für Internetkarten geeignet. Eine offline-Nutzung von Teilkomponenten soll ermöglicht werden.

Das Zielpublikum ist sehr heterogen, da die Applikation von jedem Internetnutzer angewendet werden kann. Angepeilt werden aber unter anderem Kartografen mit grosser Erfahrung in der Erstellung von thematischen Karten, Studenten und Nutzer, die schon etwas Erfahrung mit der Generierung von thematischen Karten haben und freiwillig andere Lösungen für ihre Probleme suchen. Da diese Zielgruppe um die Schwierigkeiten bei der Kartenherstellung weiss, ist sie entsprechend motiviert, den Map Symbol Brewer zu nutzen. Um die Applikation einem breiten Zielpublikum zugänglich zu machen, wird als Sprache die Internetsprache Englisch gewählt. Eine Nutzung in anderen Sprachen ist aber ohne Weiteres möglich.

6.2 Abgrenzung und Anwendungsgebiete

Das Einsatzgebiet des Map Symbol Brewers beschränkt sich auf die Generierung von Diagrammsignaturen inklusive einfacher Interaktivität über Eingabeelemente. Eine direkte Zeichenfunktion ist nicht vorgesehen. Damit ist eine Abgrenzung zu Online-Zeichenprogrammen oder Vektorgrafikprogrammen (z. B. Adobe Illustrator) gegeben, in denen auch andere Kartenelemente gezeichnet werden können.

Der Map Symbol Brewer liest vor allem einfache Textdateien ein. Daher sind die für die Applikation aufbereiteten Daten in jedem Tabellenkalkulationsprogramm wie Microsoft Excel oder im Diagramm-Plugin für Illustrator von Hutzler (2006) nutzbar, womit eine Mehrfachbearbeitung unnötig wird. Die aus dem Map Symbol Brewer exportierten Kartenebenen können in einem beliebigen Vektorgrafikprogramm wie Adobe Illustrator oder Inkscape weiterverarbeitet werden, sofern dieses Programm den Vektorgrafikstandard SVG (Scalable Vector Graphics) unterstützt. Werden geografische Koordinaten zur Platzierung der Diagrammsignaturen genutzt, muss das Programm zur Weiterverarbeitung der Kartenebenen auch diese Option unterstützen (das ist im Adobe Illustrator nur mittels Plugins wie MaPublisher möglich).

Während Tools wie das Diagramm-Plugin von *Hutzler* (2006) für Endprodukte wie gedruckte Karten gedacht sind, ist der Map Symbol Brewer hauptsächlich für den webbasierten Einsatz, aber auch für lokale digitale Produkte entwickelt worden. Daher können im Gegensatz zu anderen Anwendungen geografische Koordinaten ohne Probleme genutzt werden. Die meisten Vektorgrafikprogramme unterstützen einen Export in ein Webformat. Der Code ist jedoch nicht strukturiert, so dass Sachdaten nur mit sehr viel Aufwand einzelnen Objekten zugeordnet werden können. Das Resultat des Map Symbol Brewers ist dagegen klar strukturiert, jede Signatur und jeder Teil der Signatur ist zugänglich und erweiterbar. Während andere Applikationen zur Generierung von Diagrammsignaturen für eine proprietäre Software entwickelt wurden, kann der Map Symbol Brewer mit jedem modernen Browser mit SVG-Unter-

stützung genutzt werden. Mit der Verwendung dieses Vektorgrafikstandards ist ein ständiges Anpassen an jede neue Version einer Software nicht mehr nötig.

Der Map Symbol Brewer ist vor allem für Kartografen interessant, die schnell ihre statistischen Daten in einer Internetkarte visualisieren wollen. Die Basiskarte würde zum Beispiel mit dem von *Neumann (2005a)* entwickelten Konverter aus GIS-Daten in das SVG-Format umgewandelt werden. Mit Hilfe der Eckkoordinaten der Basiskarte und den Daten könnte im Map Symbol Brewer eine Diagramm-Ebene erzeugt, als SVG-Gruppe exportiert und in die Basiskarte eingebettet werden. Damit ist die Applikation nicht nur für einzelne Karten, sondern auch für Atlanten interessant.

6.3 Daten

Als Testdaten stehen statistische Bevölkerungsdaten der Europäischen Union aus dem STATLAS-Projekt (*STATLAS 2002*) zur Verfügung. Diese wurden zum Beispiel nach dem Alter klassifiziert. In der Applikation können entweder eigene Daten oder auch diese Testdaten genutzt werden.

Als Basiskarte für die Testdaten wurde eine Europakarte auf Länderebene im Massstab 1:3 Millionen genutzt, deren ursprüngliche Daten aus der World Database (WDB II) stammen und die in aufbereiteter Form von *Neumann/Williams* (2006) zur Verfügung gestellt wurde. Ein Import anderer Basiskarten ist zwar prinzipiell möglich, im Map Symbol Brewer aber zur Zeit nicht geplant.

6.4 Funktionalität und Technik

Eine interaktive kartografische Anwendung kann eine ganze Reihe an Funktionalitäten aufweisen. Eine Liste möglicher Funktionen und ihrer Gruppierung wurde von Sieber/Bär (1997), Schneider (2002) sowie Hurni (2005) zusammengestellt. Für diese Applikation wurden aus dieser Liste folgende Funktionalitäten ausgewählt und festgelegt:

Upload- und Importfunktionalitäten:

- Upload und Import von statistischen Daten samt Koordinaten
- Upload und Import der Karteninformationen (Ausdehnung, Position)
- Upload und Import von DiaML-Diagrammsignaturbeschreibungen
- Überprüfung und Validierung der importierten Daten
- Speichern der Daten und Koordinaten auf dem Server in einer Datei mit eindeutigem Namen

Generierungsfunktionalitäten:

- Generierung von DiaML-Diagrammsignaturbeschreibungen
- Generierung von Diagrammsignaturen aus statistischen Daten und DiaML-Diagrammsignaturbeschreibungen
- Generierung von Interaktionen zur Anzeige von Diagrammsignaturinformationen

Supportfunktionalitäten:

- Vorschaukarte
- Hilfe
- Informationen über die Applikation

Exportfunktionalitäten:

- Export von DiaML-Diagrammsignaturbeschreibungen
- Export der thematischen Karte bzw. der Diagrammsignaturebene

Die flexible DiaML-Beschreibung ermöglicht die Generierung einer grossen Anzahl von les- und interpretierbaren, aber auch nicht interpretierbaren Signaturen. Im Anhang II wurde eine Teilmenge dieser Diagrammsignaturen aufgelistet, die aus Sicht des Autors sowohl les- und interpretierbar, als auch mit dem Map Symbol Brewer potentiell generierbar sind. Aus Zeitgründen war die vollständige Implementierung aller Signaturen jedoch nicht möglich. Für die technische Umsetzung wurden diverse Nachschlagewerke benutzt. Zu empfehlen sind PHP (2006), SelfHTML (2005), Eisenberg (2002), Flanagan (2002), Lerdorf/Tatroe (2002) sowie Ueberschär/Winter (2006).

6.4.1 Upload und Import

Da der Map Symbol Brewer eine Internetanwendung ist, müssen die zu visualisierenden statistischen Daten sowie deren Platzierungskoordinaten auf den Server der Applikation transferiert werden. Dies geschieht mit Hilfe eines HTML-Formulars (Hypertext Markup Language) und der serverseitigen Skriptsprache PHP (PHP Hypertext Preprocessor). Schon online auf anderen Servern vorliegende Daten können im Prinzip auch genutzt werden, allerdings ist bislang noch keine Eingabemöglichkeit für diese Dateien im Map Symbol Brewer umgesetzt worden. PHP wird auch verwendet, um den hochgeladenen Dateien einen eindeutigen Dateinamen zu geben und die Dateiformate und Daten auf ihre Gültigkeit und damit Nutzbarkeit im Map Symbol Brewer zu überprüfen. Da nicht alle Dateiformate unterstützt werden können, werden nur die gängigsten Formate zugelassen:

- XML (Extensible Markup Language, strukturiert mit Hilfe eines Schemas (siehe *Schnabel 2006e*)
- TXT (Text mit Tabulatoren, Kommata oder Leerzeichen getrennt)
- THM (ein bei *Hutzler 2006* und *Schmid/Weber 2006* genutztes Textformat mit Tabulatoren getrennt, einzige Unterscheidung von TXT-Dateien ist die Dateiendung sowie die unten beschriebene Struktur)

Die XML-Dateien können mit jedem Text- oder XML-Editor erstellt und mit dem oben genannten Schema validiert werden. Der Vorteil bei der Nutzung eines XML-Editors liegt im Eingabesupport, der mit Hilfe des Schemas gewährleistet ist. Die Dateien sollten folgende Struktur aufweisen:

```
<data>
<dataset x="KoordinateX" y="KoordinateY" id="ID" d1="Wert1"
d2="Wert2" ... d3="WertN"/>
</data>
```

Ein Beispiel für eine im Map Symbol Brewer gültige XML-Datei ist unter *Schnabel (2006c)* zu finden.

Textdateien können aus jedem Tabellenkalkulationsprogramm (z. B. Excel) exportiert werden. Die zu importierenden Dateien müssen vollständig sein und folgende Datenreihenfolge aufweisen:

KoordX KoordY ID Datenspalte1 Datenspalte2 ... DatenspalteN

Alle Spalten dürfen nur Zahlen enthalten. Eine Ausnahme bildet die Spalte "ID".

Für die Position und Grösse der Diagrammsignaturen und die Einbindung der generierten Diagrammsignaturebene in eine Karte müssen die Kartenausdehnung und die Kartenposition bekannt sein (Abb. 6-1). Diese können aus den Eckkoordinaten bestimmt und entweder über ein Formular oder den Import einer XML-basierten Datei eingegeben werden. Da diese Datei Karteninformationen enthält, wird sie im Folgenden als *MapInformation-*Datei bezeichnet.

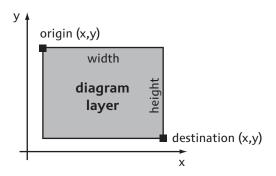


Abb. 6-1: Benötigte Koordinaten der linken oberen und rechten unteren Ecke

Während im Formular die Koordinaten der linken oberen und rechten unteren Ecke eingegeben werden müssen, können in der MapInformation-Datei die gleichen Informationen in der folgenden Form abgelegt werden:

Ein Schema zur Validierung eigener MapInformation-Dateien ist vorhanden (siehe *Schnabel 2006d*). Optional können auch DiaML-Signaturbeschreibungen importiert werden. Diese sollten das XML-Dateiformat besitzen und zuvor ebenfalls mit einem vorliegenden Schema (siehe *Schnabel 2006b*) validiert werden. Der Aufbau der DiaML-Signaturbeschreibungen ist im Kapitel 5 beschrieben.

6.4.2 Generierung

Die Applikation nutzt als Visualisierungstechnik für die grafische Oberfläche SVG (Scalable Vector Graphics, SVG 2003). SVG ist eine XML-basierte clientseitige Markupsprache für zweidimensionale Vektorgrafiken, die unter anderem auch die Skalierung der Applikation abhängig von der Grösse des Browserfensters bei gleichzeitigem Beibehalten der vollen Funktionalität erlaubt (Neumann/Winter 2003, Neumann 2005b). Als Eingabeelemente im Map Symbol Brewer stehen mit der clientseitigen Skriptsprache ECMAScript (standardisiertes Javascript, ECMA 1999) generierte objektorientierte Eingabeelemente wie Buttons, Schieberegler, Auswahllisten und Textfelder zur Verfügung, mit denen der Nutzer seine individuelle Signatur zusammenstellen kann. Diese Elemente wurden zum Teil von Neumann (2006) programmiert und durch den Autor an das Programm adaptiert bzw. selbst erstellt. Im Map Symbol Brewer werden sowohl die Diagrammsignaturen als auch deren DiaML-Beschreibungen generiert. Auch dies geschieht mit Hilfe von ECMAScript. Die Diagrammsignaturen liegen nach der Erstellung im Vektorgrafikformat SVG vor, da dieses, wie schon erwähnt, skalierbar ist und Interaktionen eingebunden werden können. Bei einer entsprechenden Auswahl werden mit Hilfe von ECMAScript Tooltips generiert, in denen beim Überfahren der Signaturen mit der Maus die Mengenwerte angezeigt werden.

6.4.3 Support

Im Map Symbol Brewer kommt eine Vorschaukarte zum Einsatz. In dieser Karte werden, falls vorhanden, die Basiskarte und die generierten Diagrammsignaturen angezeigt. Damit erhält der Nutzer eine Entscheidungshilfe für die Auswahl seiner Diagrammsignatur. Zur Bedienung der Anwendung steht eine Hilfe zur Verfügung, in der die Import-, Generierungs- und Exportfunktionalitäten erläutert sind. Weiterhin existiert dort auch ein Tutorial zur Benutzung

der Applikation. Informationen über den Map Symbol Brewer wie Copyright-Bestimmungen, die Versionsnummer, der Autor und eingesetzte Techniken sind in einem weiteren Menü zugänglich.

6.4.4 Export

Nach der Generierung der Diagrammsignaturen werden die DiaML-Beschreibung, die gesamte SVG-Karte inklusive Interaktivität und die Diagrammsignaturebene als separate SVG- bzw. XML-Dateien auf dem Server gespeichert. Durch das Anklicken von ebenfalls generierten Links in der Applikation wird dem Nutzer der Code dieser Dateien in einem neuen Browserfenster präsentiert. Alternativ kann zum Beispiel die SVG-Karte auch direkt im Browser betrachtet werden, indem die Endung ".txt" der exportierten Dateien aus der Adresszeile des neuen Browserfensters gelöscht wird. Der Code der Dateien kann kopiert und als eigenständige SVG-Datei abgespeichert werden. Der Import dieser Datei in andere Vektorgrafikprogramme wie Inkscape ist ohne Probleme möglich. Damit ist eine Nutzung auch ausserhalb des Anwendungsgebietes Internet möglich. Als Alternative zur lokalen Nutzung ist die Einbindung der Diagrammsignaturebene in eigene Karten oder die Nutzung der erzeugten SVG-Karte per Link möglich. Bei einer solchen Verwendung ist jedoch zu beachten, dass die erzeugten Dateien nur einen Tag auf dem Server zur Verfügung stehen.

6.5 Arbeitsablauf

6.5.1 Allgemeiner Arbeitsablauf

Für die Generierung von Diagrammsignaturen mit dem Map Symbol Brewer werden nur die Daten samt dazu gehörenden Koordinaten und die Ausdehnung der Karte in Realkoordinaten benötigt. Diese Informationen können eingelesen, sortiert, weiterverarbeitet und in geeigneter Form (Arrays) in der Applikation abgespeichert werden (Abb. 6-2). Per Nutzerinteraktion werden Informationen über die zu generierende Diagrammsignatur in die Applikation eingegeben, dort gesammelt und weiterverarbeitet. In einem ersten Schritt wird der Signaturierungstyp vom Nutzer ausgewählt (einfache Diagrammsignatur zur Darstellung eines Mengenwertes oder Diagrammsignatur zur Darstellung mehrerer Mengenwerte). Schon nach dem zweiten Schritt, der Aus-

wahl der kartografischen Primitive und ihrer Eigenschaften, kann eine erste Voransicht gezeigt werden. Diese ändert sich abhängig von den Eingaben des Nutzers. Nach jedem Eingabeschritt werden die Diagrammsignaturen neu gezeichnet. Veränderungen schon getätigter Eingaben sind ebenfalls möglich. Im dritten Schritt wird das Anordnungsprinzip und dessen Eigenschaften selektiert. Die grafischen Attribute der Signatur werden im vierten Schritt definiert, im fünften Schritt kommen noch Hilfskonstruktionen und Interaktionen dazu.

Alternativ zu diesen Nutzereingaben kann auch eine DiaML-Signaturbeschreibung importiert werden, die Nutzerinteraktionen überflüssig macht (Abb. 6-2). In einem letzten Schritt werden die Informationen für den Export aufbereitet und eine neue DiaML-Beschreibung generiert. Es können sowohl die gesamte Karte, die Diagrammsignaturebene als auch die DiaML-Signaturbeschreibung exportiert werden.

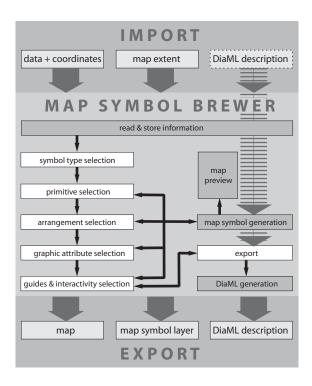


Abb. 6-2: Ablaufschema des Map Symbol Brewers

6.5.2 Detaillierter Arbeitsablauf

Der Map Symbol Brewer ist unter Schnabel (2006a) verfügbar. Mit dem Aufruf der Adresse wird die PHP-Datei index.php geladen, die ein HTML-Formular erzeugt. Beim ersten Aufruf wird eine eindeutige Identifikationsnummer generiert, die für diese Sitzung des Nutzers gültig ist. Nach Auswahl der hochzuladenden Datei (eigene statistische Daten und Koordinaten) sowie der Eingabe der Kartenkoordinaten werden die Formularangaben an die gleiche PHP-Datei geschickt. Eine dort eingebettete PHP-Datei upload.php untersucht die eingegebenen Koordinaten und die hochgeladene Datei auf ihre Gültigkeit. Die Koordinaten der linken oberen Ecke müssen dabei kleiner als die Koordinaten der rechten unteren Ecke sein. Bei den hochgeladenen Dateien muss die Dateigrösse, die Dateiendung und der Mimetype stimmen. Ausserdem werden XML-Dateien geparst und Textdateien auf ihre Tabellenstruktur untersucht. Fallen alle Untersuchungen positiv aus, werden die Daten in je eine neue XML-Datei im Ordner "upload" geschrieben, die einen eindeutigen Dateinamen (enthält unter anderem die eindeutige Identifikationsnummer) erhält. Zusätzlich wird eine ECMAScript-Datei generiert, in die die Dateinamen als ECMAScript-Variablen geschrieben werden (Abb. 6-3).

	2.265	XML Document
25349446c277898cefinit.es	152	ES-Datei
25349446c277898cefmapinfo.xml	371	XML Document

Abb. 6-3: Nach dem Upload generierte Dateien

Nach dem Upload der Daten wird die PHP-Datei *diaml.php* aufgerufen, die eine SVG-Oberfläche erzeugt. In diese SVG-Datei sind ECMAScript-Dateien (unter anderem auch die beim Upload erzeugte Datei) eingebettet. Ein weiteres SVG *mainMap* ist als Vorschaukarte und Ausgabeziel in der SVG-Oberfläche definiert. Mit Hilfe der Funktion *loadData()* wird die XML-Datei (Daten + Koordinaten) eingelesen und in ECMAScript-Arrays gespeichert. Danach werden die Daten nach ihrer Grösse sortiert und in ein neues Array geschrieben. Das hat den Vorteil, dass kleine Signaturen über grösseren liegen. Zusätzlich werden die Summenwerte, Minimal- und Maximalwerte gebildet. In einem nächsten Schritt werden die Eckkoordinaten der Karte eingelesen und die Kartenweite und -höhe berechnet. Danach wird mit Hilfe der aus dem Upload übergebenen URL-Parametern erkannt, ob die Testdatensätze oder eigene Da-

ten genutzt werden. Bei Nutzung der Testdaten wird eine Basiskarte (Länder Europas) in das Vorschaufenster eingebettet. Als zusätzlicher Schritt können DiaML-Dateien eingelesen werden, wenn sie vorhanden sind. Im Normalfall muss der Nutzer jedoch Eingaben mit Hilfe der Eingabeelemente im Menü vornehmen.

Beim Klick auf einen der beiden Buttons im ersten Schritt wird der Signaturtyp in ein Array gespeichert. Ausserdem wird der Skalierungsfaktor der Diagrammsignaturen aus dem Verhältnis zwischen Kartenfläche und Fläche aller Signaturen sowie der Summe aller Daten berechnet.

Die Auswahl der kartografischen Primitive, deren Eigenschaften verändert werden können, erfolgt im zweiten Schritt. Dabei wird mit Hilfe eines "scale"-Attributes festgelegt, welche der Konstruktionseigenschaften mit den Daten skaliert werden können. Die anderen Attributfelder ändern sich abhängig von den Nutzereingaben. Während bei Diagrammen nur eine kartografische Primitive gewählt werden kann, ist bei einfachen Signaturen die Auswahl mehrerer Primitiven möglich. Die gewählten Primitiven und ihre Eigenschaften werden in Arrays gespeichert. Danach erfolgt die Berechnung ihrer Konstruktionseigenschaften wie Radien, Winkel oder Abstände in der Funktion *calcSymbol()* und die Integration als SVG-Grafikprimitiven mit der Funktion *drawSVGSymbols()* in die Karte (Abb. 6-4).

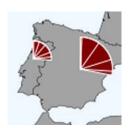


Abb. 6-4: Generierte Signaturen nach Auswahl der Primitive

Im dritten Schritt wird das Anordnungsprinzip für die Primitiven gewählt. Auch diese Prinzipien haben wieder Eigenschaften, die für die Konstruktion bestimmend sind (z. B. Anzahl Gruppen, Gesamtwinkel, in dem die Primitiven angeordnet werden sollen usw.). Das Prinzip und die Eigenschaften werden wieder in Arrays gespeichert und die bisher erstellten Diagrammsignatu-

ren gelöscht und mit *calcSymbol()* und *drawSVGSymbols()* neu gezeichnet. Im Regelfall ist die Diagrammsignatur damit vollständig konstruiert. Ihr müssen nur noch grafische Attribute zugewiesen werden (Abb. 6-5).



Abb. 6-5: Generierte Signaturen nach Auswahl des Anordnungsprinzips

Abhängig von der Anzahl der Primitiven sind im nächsten Schritt Buttons in das Menü integriert, mit denen ein Farbmischer aufgerufen wird. Damit werden Füllungs- und Strichattribute wie Farben, Transparenzen und zukünftig auch Muster für jede Primitive zugewiesen. Auch diese Angaben werden wieder in einem Array gespeichert und die Signaturen neu generiert (Abb. 6-6).

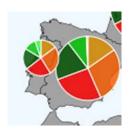


Abb. 6-6: Generierte Signaturen nach Auswahl der Farben

Im fünften Schritt werden optional Hilfskonstruktionen in die Diagrammsignatur integriert. Ausserdem kann der Grad der Interaktion (keine oder Anzeige der Mengenwerte in einem Tooltip) ausgewählt werden. Die Parameter werden jeweils in Arrays abgespeichert und die Diagrammsignaturen neu gezeichnet. In die Vorschaukarte ist schon ECMAScript-Code integriert, so dass bei Auswahl einer interaktiven Datenanzeige darauf zugegriffen und die Daten ohne zusätzliche Generierung von Code angezeigt werden können.

Die Karte, die Diagrammsignaturebene oder die DiaML-Signaturbeschreibung können im sechsten Schritt exportiert werden. Dafür wird beim Wechsel in das sechste Menü die ECMAScript-Funktion *exportIt()* aufgerufen. Diese kopiert den SVG-Code der Vorschaukarte *mainMap* aus der *diaml.php*-Datei

und erzeugt den DiaML-Code. Danach wird per *AJAX*-Technologie (Asynchronous JavaScript And XML) das PHP-Script *export.php* aufgerufen, welches die gesamte Karte als SVG-Datei, die Diagrammsignaturebene als SVG-Code in einer XML-Datei sowie den DiaML-Code als XML-Datei auf dem Server speichert. Zusätzlich werden die Dateien kopiert und diese Kopien als TXT-Dateien abgelegt, um den Code der Dateien browserunabhängig betrachten zu können. Ausserdem werden Links zu diesen Dateien generiert und in das Export-Menü der Applikation eingebunden. Klickt der Nutzer auf einen dieser Links, öffnet sich ein neues Browserfenster mit dem entsprechenden Code der Datei. Der exportierte Code kann in eine neue Textdatei kopiert und als SVG oder XML abgespeichert und weiterverwendet werden. Alternativ ist die Nutzung der erzeugten Dateien in eigenen Projekten mit Hilfe des erzeugten Links möglich.

Die abgespeicherten Dateien im *upload*-Verzeichnis werden am Ende eines jeden Tages automatisch mit einem Cronjob auf dem Server carto.net gelöscht. Die Funktionalität des Cronjobs entspricht der der Datei *delete_upload.php*.

6.6 Layout

Das Layout des Map Symbol Brewers ist so einfach wie möglich gehalten. Dabei wurden die von *Schneider* (2002, *S. 15/16*) beschriebenen Richtlinien für die Gestaltung grafischer Benutzeroberflächen beachtet. Im Kopf des Browserfensters befinden sich der Titel sowie das Hauptmenü (Abb. 6-8).

Im Mittelteil wechselt das Layout abhängig vom Inhalt. Während des Hochladens der Dateien (Import) wird ein Formular für die eigenen Daten auf der linken Seite und ein Button zum Nutzen des Testdatensatzes auf der rechten Seite angezeigt (Abb. 6-7).

In der DiaML-Generierungs- und Exportphase nimmt im Mittelteil ein Vorschaufenster auf der linken Seite den grössten Platz ein, auf der rechten Seite befindet sich das Menü mit den Eingabeelementen (Abb. 6-8). Diese Position wurde gewählt, da die meisten Nutzer von links nach rechts lesen (die Karte als wichtigstes Element wird damit zuerst betrachtet) und Rechtshänder sind

(ein Menü auf der rechten Seite hält somit die Mauswege des Nutzers möglichst kurz). Im unteren Bereich des Browserfensters befindet sich eine Statusleiste sowie ein Copyright-Vermerk.



Abb. 6-7: Upload-Dialog des Map Symbol Brewers

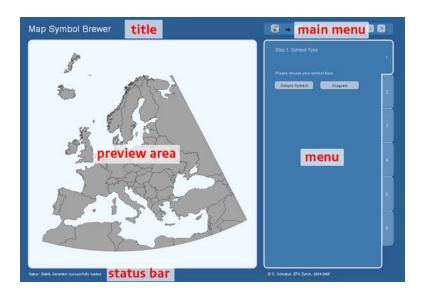


Abb. 6-8: Layout des Map Symbol Brewers

Im Hauptmenu sind die Buttons für den Import, die DiaML-Generierung, den Export sowie den Aufruf der Hilfe und weiterer Informationen über die Applikation angeordnet (Abb. 6-9).



Abb. 6-9: Hauptmenü des Map Symbol Brewers

Das Menü mit den Eingabeelementen ist in sechs Untermenüs unterteilt, die über Karteikartenreiter (Tabs) aufgerufen werden können. Diese Tabs werden erst aktiv, sobald der vorhergehende Schritt abgeschlossen wurde (Abb. 6-10). Dann ist aber ein beliebiges Umschalten zwischen den Untermenüs möglich.

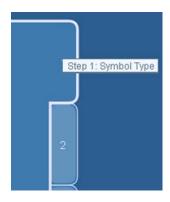


Abb. 6-10: Tabs im Eingabemenü

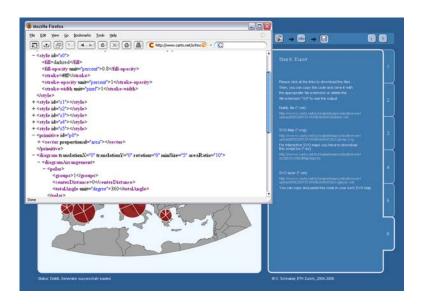


Abb. 6-11: Map Symbol Brewer Export

Beim Export im sechsten Schritt wird ein neues Browserfenster aufgerufen, aus dem der erzeugte Code kopiert und weiterverwendet werden kann (Abb. 6-11). Die gesamte Bedienoberfläche wurde in der Farbe Blau gehalten (Hintergrund: #369, Menü: steelblue, Striche: lavender, Hintergrund der Vorschaukarte, Tooltips: aliceblue, Bedienelemente: lightsteelblue).

6.7 Technische Einschränkungen

Der Map Symbol Brewer ist plattform- und browserunabhängig, da die Applikation auf Standards wie SVG und ECMAScript setzt. Allerdings unterstützt nicht jeder Browser diese Standards bzw. hat sie nicht vollständig implementiert. Tabelle 6-1 gibt einen Überblick über die Plattform- und Browserkombinationen, mit denen die Anwendung erfolgreich getestet wurde.

Da SVG und ECMAScript auch offline funktionieren, kann der Map Symbol Brewer theoretisch auch ohne Internetanbindung genutzt werden. Dazu muss nur der Import- und Exportteil verändert werden. Eine Offline-Version wurde zur Zeit noch nicht erstellt.

Plattform	Browser	SVG-Implementierung
Windows XP SP2	Mozilla Firefox 1.5 und 2.0	nativ
Windows XP SP2	Microsoft Internet Explorer 6 und 7	Adobe SVG Viewer 3 und 6 pre-alpha
Windows XP SP2	Opera 9.10	nativ
SuSE Linux 10	Mozilla Firefox 1.5 und 2.0	nativ
Mac OS X	Safari 2.0.4	Adobe SVG Viewer 3
Mac OS X	Mozilla Firefox 1.5 und 2.0	nativ
Mac OS X	Microsoft Internet Explorer 5	Adobe SVG Viewer 3
Mac OS X	Opera 9.10	nativ

Tab. 6-1: Getestete Plattform- und Browserkombinationen

Diskussion und Ausblick 129

7 Diskussion und Ausblick

In den Kapiteln 4 bis 6 wurden die Konstruktionstheorie, ihre Modellierung und Formalisierung mit der Beschreibungssprache DiaML und ihre Anwendung in der Praxis mit der Internetapplikation Map Symbol Brewer gezeigt. In diesem Kapitel werden die drei Resultate evaluiert.

7.1 Diskussion und Bewertung der Theorie

Bislang existierten nur wenige Konstruktionstheorien für Diagrammsignaturen in Karten (z. B. Bertin 1974 und Wilkinson 1999). Diese beschränkten sich auf analoge Konstruktionen oder Signaturen ohne Geobezug. In dieser Arbeit wurden nun erstmals nicht nur drei oder vier, sondern 49 Punktsignaturen auf ihre Konstruktion untersucht. Daraus konnte eine allgemeingültige Theorie für die Darstellung von positionsbezogenen Mengenwerten für Bildschirmkarten abgeleitet werden. Diese Theorie macht eine regelbasierte Konstruktion und eine Einordnung und Klassifizierung der Diagrammsignaturen möglich. Dabei konnten zehn kartografische Primitiven und sechs Anordnungsprinzipien gefunden und mit ihren Konstruktionseigenschaften definiert werden. Deren Kombination mit einer Skalierungsrichtung der Primitiven ermöglicht eine eindeutige Definition der Diagrammsignatur. Im Rahmen der Untersuchung konnte ausserdem eine Liste kartografischer Regeln und Probleme erstellt werden, die bei der Konstruktion von Diagrammsignaturen auftreten.

Eine Übertragbarkeit der Theorie auf den dreidimensionalen Raum ist nach Meinung des Autors gegeben. Mit sogenannten *Billboards*¹⁷ könnten die konstruierten 2D-Diagrammsignaturen auch im dreidimensionalen Raum ohne grössere Änderungen dargestellt werden (Abb. 7-1, linke Seite). Dafür müssten die Koordinatenangaben der Platzierungspunkte um eine Höhenangabe ergänzt werden. Alternativ kann auch eine dreidimensionale Darstellung ohne oder eine mit Ausnutzung der dritten Dimension (Abb. 7-1, Mitte bzw. rechte Seite) angestrebt werden. Dadurch würde sich allerdings nicht nur die Proportionalität der Diagrammsignaturen von einer hauptsächlich längen- und flächen- zu einer volumenproportionalen Darstellung ändern, sondern auch deren grafische Eigenschaften (siehe *Häberling 2003*: Gestaltungsvariablen zur

Billboards sind Flächen im dreidimensionalen Raum, die sich immer dem Betrachter zuwenden.

äusseren Erscheinung). Auch die kartografischen Primitiven müssten dann angepasst werden (aus einem Quadrat wird z. B. ein Würfel, aus einem Kreis eine Kugel, aus einem Kreissektor ein Kugelsektor), ebenso die Anordnungsprinzipien¹⁸ (Abb. 7-2). Inwiefern diese Mengenwerte in 3D-Signaturen wahrgenommen werden können, muss noch untersucht werden.

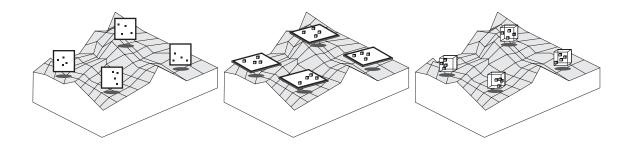


Abb. 7-1: Darstellungsmöglichkeiten der 2D-Diagrammsignaturen im 3D-Raum

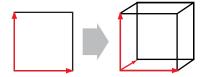


Abb. 7-2: Änderung des senkrechten Anordnungsprinzips im 3D-Raum

Es wurden auch Nachteile der Theorie festgestellt: Manchmal ist die Konstruktion einer Diagrammsignatur mit mehreren Anordnungsprinzipien möglich (wie zum Beispiel bei bipolaren Stabdiagrammen). Die Theorie ist ausserdem auf Positionssignaturen beschränkt, Linien- und Flächensignaturen wurden nicht betrachtet. Auch dynamische Darstellungen (Animationen) wurden nicht berücksichtigt.

7.2 Diskussion und Bewertung der Diagrammsignaturbeschreibung DiaML

Die Konstruktionstheorie wurde in eine XML-basierte Diagrammsignaturbeschreibung DiaML umgesetzt. Diese hat den Vorteil, dass sie flexibel anpassbar und erweiterbar ist. Damit ist eine Beschreibung der Diagrammsignaturen

Während z. B. beim senkrechten Anordnungsprinzip im 2D-Raum zwei Mengenwerte miteinander in Beziehung gesetzt werden, sind es im 3D-Raum drei Werte.

Diskussion und Ausblick 131

nach kartografischen Regeln möglich. Sie ist nicht nur maschinen-, sondern auch vom Nutzer lesbar und damit verständlich. Sie kann mit einem einfachen Text- oder XML-Editor erstellt werden und ermöglicht nicht nur vordefinierte, sondern auch nutzerdefinierte Signaturen. Damit wurde das Ziel der Arbeit, die Förderung der Signaturvielfalt für digitale Karten, erreicht. Es wurde auch die Möglichkeit der Interaktion in die Beschreibung integriert und somit dieser Vorteil von Bildschirmkarten genutzt. Die DiaML-Beschreibung ist nicht nur im unten beschriebenen Prototyp verwendbar, sondern in jede Applikation integrierbar. Damit steht ein plattformunabhängiges Werkzeug für die Online- und Offline-Generierung von Diagrammsignaturen zur Verfügung.

Die Frage "Was will ich mit meiner Signatur für eine Information an den Kartenleser übermitteln?" muss schon vor der Auswahl der Diagrammsignatur klar sein. Daher ist unter Umständen immer noch die Konstruktion kartografisch ungenügender (schlecht lesbarer) Signaturen möglich. Auch die Generalisierungsprobleme sind nicht vollständig gelöst worden. Zwar werden Minimaldimensionen und Skalierungsfaktoren angewendet, Überdeckungsprobleme und die Zusammenfassung zu geringer Diagrammteile sind jedoch noch nicht integriert. Nicht jedes Anordnungsprinzip hat in Kombination mit unterschiedlichen kartografischen Primitiven immer die gleichen Konstruktionseigenschaften. Während zum Beispiel Stäbe eines unterteilten Polardiagramms gestapelt oder nebeneinander gestellt werden können (zusätzliche Konstruktionseigenschaft), ist dies mit Kreissektoren nicht möglich. Diese Unterschiede können in einer XML-basierten Diagrammsignaturbeschreibung schlecht beschrieben werden, da keine Bedingungen (if-else) definiert werden können. Ähnlich problematisch ist die Abhängigkeit der Stilattribute voneinander, da zum Beispiel für die Auswahl der Eigenschaft "strokedashoffset" (Startpunkt der Strichlierung) unbedingt auch eine Eigenschaft "stroke-dasharray" (Strichlierung) nötig ist.

7.3 Diskussion und Bewertung des Prototyps "Map Symbol Brewer"

Mit Hilfe eines Prototyps namens Map Symbol Brewer konnte gezeigt werden, dass die Konstruktionstheorie auch praktisch umgesetzt werden kann. Damit müssen keine vordefinierten Signaturbibliotheken mehr genutzt werden, sondern es können mit Hilfe von Eingabeelementen wie Buttons und Textboxen in sechs Schritten nutzerdefinierte Diagrammsignaturen zusammengestellt werden. Die Bedienung ist im Gegensatz zu Geografischen Informationssystemen sehr einfach gehalten. Während in Vektorgrafikprogrammen nur einzelne Diagrammsignaturen erstellt werden können, ist im Map Symbol Brewer auch die Generierung vieler Diagrammsignaturen mit einem Mal möglich. Auch komplexere Signaturen wie zum Beispiel Diagrammsignaturen zur Darstellung mehrerer Mengenwerte können mit wenigen Mausklicks ohne Programmierung erzeugt werden. Ausserdem ist die Erstellung der Signaturen nicht nur auf ein Gebiet, ein Thema oder eine Signatur beschränkt. Der Map Symbol Brewer kann theoretisch online und offline genutzt werden. Erstmals steht damit im Web ein Generierungstool für Diagrammsignaturen in thematischen Karten zur Verfügung. Bei einer Mehrfachnutzung der gleichen DiaML-Beschreibung ist keine erneute Eingabe aller Parameter nötig. Damit ist die Anwendung auch für den praktischen Einsatz nutzbar.

Bislang wurden noch nicht alle kartografischen Primitiven und Anordnungsprinzipien in den Map Symbol Brewer integriert. Dies müsste in einem nächsten Schritt geschehen. Ebenso sind auch Patterns (Muster) für die Füllungen der Signaturen noch nicht definierbar. Zur Zeit werden die Diagrammsignaturen nach ihrer Grösse geordnet (die grösste Signatur wird zuerst gezeichnet, die kleineren Signaturen darüber). Dadurch werden Überdeckungsprobleme minimiert. Allerdings müssten noch Generalisierungsfunktionalitäten und weitere Platzierungsoptionen eingebaut werden, um die generierte Kartenebene lesbarer zu gestalten. So könnten zum Beispiel zu kleine Signaturen durch eine Einheitssignatur ersetzt werden. Dynamische Darstellungen wie animierte Diagrammsignaturen wurden zur Zeit noch nicht beachtet, auch dreidimensionale Diagrammsignaturen sind noch nicht integriert worden. Durch die relativ hohe Gewichtung auf nutzerdefinierte Signaturen leidet die Benutzbarkeit des Prototyps. Es ist ein hohes Mass an Interaktivität nötig, um eine Signatur zu generieren. Eine Evaluation der Applikation hinsichtlich ihrer Usability ist daher wünschenswert. Nicht integriert wurde eine abstrakte Grafiksprache, aus der viele Ausgabeformate (unter anderem auch Rasterformate wie PNG oder JPEG) erzeugt werden können. Grund dafür waren zu geringe Strukturierungs- (keine Gruppen möglich), Transformations- (keine Realkoordinaten möglich) und Interaktionsmöglichkeiten in diesen Sprachen. Damit ist der Prototyp zur Zeit auf einen SVG-Export beschränkt, weitere Ausgabeformate sind aber ohne Weiteres integrierbar. Diese Ausgabemöglichkeiten

Diskussion und Ausblick 133

wie ein Export als Flash, Illustrator oder eventuell als Java-Code würden einen deutlichen Mehrwert für den Nutzer bringen. Ausserdem sollte der Import von Daten per URL von anderen Webservern sowie der Import eigener Karten angestrebt werden.

7.4 Ausblick

Mit der vorliegenden Arbeit entfällt die Beschränkung auf wenige einfache Diagrammsignaturen für thematische Bildschirmkarten, das Ziel der Förderung der Signaturvielfalt in diesem Bereich wurde erreicht. Allerdings sollte eine vertiefte Untersuchung der für die thematische Kartografie genutzten Diagrammsignaturen hinsichtlich ihrer Lesbarkeit und ihrer Wahrnehmungsprobleme stattfinden, um eine effektive Informationsübermittlung zu gewährleisten und schlecht lesbare Signaturen zu eliminieren.

Mit der entwickelten Konstruktionstheorie und der flexiblen Diagrammsignaturbeschreibung DiaML ist ein grosser Schritt hin zu einer zukünftigen automatischen Signaturierung von thematischen Daten getan, wie sie schon *Hurni* (2006) und *Müller* (2005, S. 238/239) postulierten. Das Problem der automatischen Erkennung und Interpretation statistischer Daten (siehe *Frank/Egenhofer 1992*, S. 985) bleibt allerdings weiterhin bestehen.

Sowohl die entwickelte DiaML-Beschreibung als auch der programmierte Map Symbol Brewer können von zukünftigen Nutzern getrennt voneinander verwendet werden. So ist unter anderem laut *Bär (2006)* eine Nutzung des Map Symbol Brewers im Rahmen des "Schweizer Weltatlas interaktiv" geplant.

Kurzfristig müsste die Kartenbeschreibung DiaML weiter verfeinert und die Applikation Map Symbol Brewer vervollständigt und ausgebaut werden. Ein wichtiges Thema wäre in diesem Zusammenhang die Generalisierung der erzeugten Diagrammteile. Mittelfristig wäre eine Integration der DiaML-Beschreibung in den OGC-Standard SLD sinnvoll, da dieser bislang nicht solch eine Bandbreite an Signaturen bietet. Längerfristig sollte ein kartografisches Regelwerk (eine Art abstrakte kartografische Beschreibung) erstellt werden, die nicht nur Positionssignaturen, sondern auch Linien- und Flächensignaturen automatisch generieren kann. Aktuelle Forschungen auf diesem Gebiet werden unter anderem von *Iosifescu Enescu (2006)* auf Basis dieser Arbeit

durchgeführt. Die kartografischen Regeln könnten auch in einen Web Map Service integriert werden. In Kombination mit einer automatischen Analyse der zu visualisierenden Daten und der darauf folgenden Auswahl der passenden Signatur und ihrer Generierung könnte eine neue Generation von voll interaktiven und kartografisch ansprechenden Internet- und Bildschirmkarten entstehen.

Referenzen

Andrienko, N. / Andrienko, G. (2006): Exploratory Analysis of Spatial and Temporal Data. A Systematic Approach. Springer-Verlag, Berlin / Heidelberg. ISBN-10: 3-540-25994-5.

Arnberger, E. (1977): *Thematische Kartographie*. Das Geographische Seminar, 1. Edition, Westermann Verlag, Braunschweig. ISBN-10: 3-14-160300-6.

Arnold, M. (2003): Untersuchungen zur regelbasierten kartographischen Visualisierung für das Projekt "Statistical Atlas of the European Union" (STATLAS). Diplomarbeit im Fachbereich Vermessungswesen/Kartographie, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden. http://www.htw-dresden.de/vk/sg/da/arnhold/diplomarbeit.pdf (Zugriff: 05/2006).

Atlas Baden-Württemberg (1982): Historischer Atlas von Baden-Württemberg. Kommission für geschichtliche Landeskunde in Baden-Württemberg (Hrsg.), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart.

Atlas Climatique France (1969): Atlas Climatique de la France. Secrétariat Général à l'Aviation Civile (Hrsg.), Ministère des Transports, Paris.

Atlas DDR (1976): Atlas Deutsche Demokratische Republik. Kommission für die Herausgabe des Atlas der DDR (Hrsg.), Akademie der Wissenschaften der DDR, Gotha / Leipzig.

Atlas der Schweiz (1965): Atlas der Schweiz. Eidgenössische Landestopographie (Hrsg.), Wabern.

Atlas Finland (1960): Suomen Kartasto - Atlas of Finland / Atlas över Finland. The Geographical Society of Finland (Hrsg.), Department of Geography, Helsinki University, Helsinki.

Baas, J.H. (2000): EZ-ROSE: A Computer Program for Equal-area Circular Histograms and Statistical Analysis of Two-dimensional Vectorial Data. In: Computer & Geosciences, Band 26, Nr. 2, S. 153-166. ISSN: 0098-3004.

Bär, H.R. (2003): *iMap Documentation*. Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich, http://www.ika.ethz.ch/statlas/imap/index.htm (Zugriff: 05/2006).

Bär, H.R. (2006): Nutzung des Map Symbol Brewers im Schweizer Weltatlas interaktiv. Mündliche Mitteilung vom 15.06.2006, unveröffentlicht.

Becker, M. (1975): Untersuchungen zur Automatisierung und visuell quantitativen Auswertung von Diagrammdarstellungen in thematischen Karten. Dissertation am Institut für Kartographie, TU Dresden, Dresden.

Bertin, J. (1974): *Graphische Semiologie*. Verlag Walter de Gruyter, Berlin / New York. ISBN-10: 3-11-003660-6.

Bollmann, J. (1981): Aspekte kartographischer Zeichenwahrnehmung: Eine empirische Untersuchung. Kirschbaum Verlag, Berlin. ISBN-10: 3-7812-1066-9.

Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.) (2001): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1 A bis Karti. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin. ISBN-10: 3-8274-1055-X.

Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.) (2002): *Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2 Karto bis Z.* Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin. ISBN-10: 2-8274-1056-8.

Bos, E.S. (1984): Systematic Symbol Design in Cartographic Education. In: ITC Journal, Band 1, S. 20-28. ISSN: 0303-2434.

Bounford, T. (2000): *Digital Diagrams*. Watson-Guptill Publications, New York. ISBN-10: 0-8230-1572-6.

Brewer, C.A. / Harrower, M. (2002): Color Brewer. http://www.colorbrewer. org (Zugriff: 02/2006).

Brewer, C.A. / Harrower, M. (2003): ColorBrewer.org: An Online Tool for Selecting Colour Schemes for Maps. In: The Cartographic Journal, Band 40, Nr. 1, S. 27-37. ISSN: 0008-7041.

Brewer, C.A. (2005): *Color Brewer Updates*. http://www.personal.psu.edu/faculty/c/a/cab38/ColorBrewer/ColorBrewer_updates.html (Zugriff: 02/2006).

Brodersen, L. (1986): Aspekte der graphischen Gestaltung komplexer Wirtschaftskarten in Schulatlanten. Dissertation am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich.

Bruderer, D. / Gharaei, M. / Krebs, F. / Muggli, C. / Schwarz, M. (1995): *Altersstruktur und Bevölkerungsentwicklung im Kanton Zürich*. Karte, Übung Thematische Kartografie am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich, unveröffentlicht.

Brühlmeier, T. (2000): Adaptives Zoomen mit Scalable Vector Graphics. Diplomarbeit am Geografischen Institut, Universität Zürich, Zürich. http://www.carto.net/papers/tobias_bruehlmeier/2000_10_tobias_bruehlmeier_diplomarbeit_adaptives_zoomen.pdf (Zugriff: 10/2006).

Brunner-Friedrich, B. / Stadler, A. (2006): Ansatz zur Formalisierung der Sachdatenumsetzung in einem interaktiven Atlas-Informations-System. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 17, S. 142-149. ISBN-10: 3-900830-59-2.

Buziek, G. (2003): Eine Konzeption der kartographischen Visualisierung. Habilitation im Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen, Universität Hannover, Hannover.

Buziek, G. (2006): Wahrnehmung von Kreisringsektoren. Schriftliche Mitteilung vom 01.02.2006, unveröffentlicht.

Cecconi, A. (1999): *Kartographische Darstellung von statistischen Daten im Internet*. Diplomarbeit am Geografischen Institut, Universität Zürich, Zürich. http://www.geo.unizh.ch/publications/acecconi/pdf/diplom.pdf (Zugriff: 12/2005).

Cherchi, S. / Markstahler, P.J. / Mez, J. (1995): Arbeitslose 1994 nach Geschlecht und Arbeitslosenentwicklung 1990 – 1994 im Kanton Zürich. Karte, Übung Thematische Kartografie am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich, unveröffentlicht.

Dent, B.D. (1999): *Cartography - Thematic map design*. 5. Edition, WCB McGraw-Hill, Boston. ISBN-10: 0-697-38495-0.

DGfK Kommission Aus- und Weiterbildung (Hrsg.) (2004): Focus Kartographie. CD-ROM, Hannover. ISBN-10: 3-00-014620-2.

DiBiase, D. / MacEachren, A.M. / Krygier, J.B. / Reeves, C. (1992): Animation and the role of map design in scientific visualization. In: Cartography and Geographic Information Systems, Band 19, Nr. 4, S. 201-214. ISSN: 1050-9844.

Duarte Teixeira, M. / De Melo Cuba, R. / Mizuta Weiss, G. (2005): *Creating Thematic Maps with OGC Standards Throught the Web*. CpqD Technologies & Systems Inc.. http://www.gmldays.com/gml2005/presentations/CreatingThe maticMapswithOGCStandarthroughtheweb,%20Marta%20Duarte.pdf (Zugriff: 09/2006).

ECMA (1999): ECMAScript Language Specification. http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/Ecma-262.pdf (Zugriff: 05/2006).

Ellsiepen, I. (2005): Methoden der effizienten Informationsübermittlung durch Bildschirmkarten. Dissertation an der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn. ISSN: 1615-9101.

Eisenberg, J.D. (2002): SVG Essentials. 1. Edition, O'Reilly, Sebastopol. ISBN-10: 0-596-00223-8.

Flanagan, D. (2002): *JavaScript: The Definitive Guide*. 4. Edition, O'Reilly, Sebastopol. ISBN-10: 0-596-00048-0.

Foley, J.D. / van Dam, A. / Feiner, S.K. / Hughes, J.F. (1996): *Computer Graphics: Principles and Practice*. 2. Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Reading / Massachusetts. ISBN-10: 0-201-84840-6.

Frank, A.U. / Egenhofer, M.J. (1992): Computer Cartography for GIS: An Object-oriented View on the Display Transformation. In: Computer & Geosciences, Band 18, Nr. 8, S. 975-987. ISSN: 0098-3004.

Friendly, M. / Denis, D.J. (2005a): Milestones in the History of Thematic Cartography, Statistical Graphics, and Data Visualization. http://www.math.yorku.ca/SCS/Gallery/milestone/index.html (Zugriff: 01/2006).

- Friendly, M. / Denis, D.J. (2005b): *Playfair's 1805 Statistical Representation of the U.S.A.*. http://www.math.yorku.ca/SCS/Gallery/images/playfair-pie.jpg (Zugriff: 01/2006).
- Gabaglio, S. / Habisreutinger, M. / Seger, M. / Snider, I. (1995): Erwerbstätige am Wohnort im Kanton Zürich 1990. Karte, Übung Thematische Kartografie am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich, unveröffentlicht.
- Gao, X.S. (1999): Automated Geometry Diagram Construction and Engineering Geometry. In: Gao, X.S. / Wang, D. / Yang, L. (Hrsg.): Lecture Notes in Computer Science: Automated Deduction in Geometry Proceedings ADG'98, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg, S. 232-258. ISSN: 0302-9743.
- Glaydston, M.R. / Lorena, L.A.N. (2006): Heuristics for Cartographic Label Placement Problems. In: Computer & Geosciences, Band 32, Nr. 6, S. 739-748. ISSN: 0098-3004.
- GML (2006): *Geography Markup Language*. Open Geospatial Consortium (Hrsg.). http://www.opengis.net/gml/ (Zugriff: 05/2006).
- Grosser, K. (2001a): *Farbsättigung*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1 A bis Karti. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 236. ISBN-10: 3-8274-1055-X.
- Grosser, K. (2001b): *Farbton*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1 A bis Karti. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 237/238. ISBN-10: 3-8274-1055-X.
- Grosser, K. (2002): *Wertmassstab*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2 Karto bis Z. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 426-428. ISBN-10: 2-8274-1056-8.

Häberling, C. (1999): Symbolization in Topographic 3D-maps – conceptual Aspects for user-oriented Design. In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, Ottawa, Band 2, S. 1037-1044.

Häberling, C. (2003): Topografische 3D-Karten. Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze. Dissertation am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich.

Hake, G. / Grünreich, D. (1994): *Kartographie*. 7. Edition, Verlag Walter de Gruyter, Berlin. ISBN-10: 3-11-013397-0.

Hake, G. / Grünreich, D. / Meng, L. (2002): *Kartographie*. 8. Edition, Verlag Walter de Gruyter, Berlin. ISBN-10: 3-11-016404-3.

Harms, H. (1991): August Friedrich Wilhelm Crome (1753 – 1833), Autor begehrter Wirschaftskarten. In: Cartographica Helvetica, Heft 3, S. 33-38. ISSN: 1015-8480.

Harris, R.L. (1999): Information Graphics: A Comprehensive Illustrated Reference. Oxford University Press, Inc., New York. ISBN-10: 0-19-513532-6.

Held, G. (2005): SVG Example for Stroking and its Properties. http://www.carto.net/papers/svg/samples/stroking.shtml (Zugriff: 10/2006).

Hochrein, W. (1986): Modell zur Entwurfsgestaltung von Diagrammkarten. Diplomarbeit am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich.

Hurni, L. (1995): Modellhafte Arbeitsabläufe zur digitalen Erstellung von topographischen und geologischen Karten und dreidimensionalen Visualisierungen. Dissertation am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich.

Hurni, L. (2005): *Anwendung kartographischer Medien im Rahmen aktueller I+K-Technologien*. In: Kartographische Nachrichten, Band 5, S. 244-249. ISSN: 0022-9164.

Hurni, L. (2006): *Interaktive Karteninformationssysteme – quo vaditis?*. In: Kartographische Nachrichten, Band 3, S. 136-142. ISSN: 0022-9164.

Hutzler, E. / Werner, M. (2005): Contemporary Map Design for Research, Education and Production with Desktop-Publishing System Extensions. In: Proceedings of the 22nd International Cartographic Conference, A Coruña.

Hutzler, E. (2006): *Plugin's für Illustrator für die Kartografie*. Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich. http://www.karto.ethz.ch/services/downloads (Zugriff: 05/2006).

ICA (1973): Mehrsprachiges Wörterbuch kartographischer Fachbegriffe. Franz Steiner Verlag GmbH, Wiesbaden. ISBN-10: 3-598-10764-1.

Imhof, E. (1972): *Thematische Kartographie*. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, Verlag Walter de Gruyter, Berlin. ISBN-10: 3-11-002122-6.

Iosifescu Enescu, I. (2006): *Entwicklung einer kartografischen Ontologie*. Mündliche Mitteilung vom 02.10.2006, unveröffentlicht.

Jäggi, M. (1993): Tagespendler im "Oberen Fricktal" 1990. Karte, Praktikumsarbeit am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich, unveröffentlicht.

Jiang, B. (1996): Cartographic Visualization: Analytical and Communication Tools. In: Cartography, Band 25, Nr. 2. ISSN: 0069-0805.

Jung, V. (1997): Eine wissensbasierte Umgebung zur Benutzerunterstützung bei der Visualisierung raumbezogener Daten. In: Geoinformatik online. http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg3_97/jung/paper_1.htm (Zugriff: 01/2006).

Kamphues, M. (1995): Völker 1990 und erzwungene Völkerwanderungen des 20. Jahrhunderts in Osteuropa. Karte, Praktikumsarbeit am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich, unveröffentlicht.

Keller, S. (1989): Ein wissensbasiertes System zur Unterstützung der Konzeption thematischer Karten. Diplomarbeit am Geographischen Institut, Universität Zürich, Zürich.

Keller, C.P. / Wood, C.H. (Hrsg.) (1996): Cartographic Design: Theoretical and Practical Perspectives. John Wiley & Sons, West Sussex. ISBN-10: 0-471-96587-1.

Klimaatlas Oberrhein (1995): Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd. Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regio-Klima-Projekt REKLIP (Hrsg.), Institut für angewandte Geowissenschaften, Offenbach. ISBN-10: 3-7281-2105-3.

Koch, W.G. (2001a): *Flächensignatur*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1 A bis Karti. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 254. ISBN-10: 3-8274-1055-X.

Koch, W.G. (2001b): *Diagrammsignatur*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1 A bis Karti. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 151. ISBN-10: 3-8274-1055-X.

Koch, W.G. (2002a): *Signatur*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2 Karto bis Z. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 326/327. ISBN-10: 2-8274-1056-8.

Koch, W.G. (2002b): *Positionssignatur*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2 Karto bis Z. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 233-235. ISBN-10: 2-8274-1056-8.

Koch, W.G. (2002c): *Kombination graphischer Variablen*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2 Karto bis Z. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 64. ISBN-10: 2-8274-1056-8.

Koch, W.G. (2004): Semiotische Betrachtungen zu Zeichensystemen in Touristenkarten deutschsprachiger Länder. In: Aspekte der Kartographie im Wandel der Zeit. Festschrift für Ingrid Kretschmer zum 65. Geburtstag und anlässlich ihres Übertritts in den Ruhestand, Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 16, Wien, S. 234-241. ISBN-10: 3-900830-54-1.

Koch, W.G. / Tainz, P. (2002): *Semiotik*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2 Karto bis Z. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 322/323. ISBN-10: 2-8274-1056-8.

Kottenstein, T. (1992): Prototyp eines Zeichenreferenzsystems zur Herstellung thematischer Karten. In: Bollmann, J. (Hrsg.): Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung, Band 5, Selbstverlag der Geographischen Gesellschaft Trier, Trier. ISBN-10: 3-921599-95-4.

Kraak, M.J. / Ormeling, F. (1996): Cartography: Visualization of Geospatial Data. Addison Wesley Longman Limited, Essex. ISBN-10: 0-582-25953-3.

Krygier, J.B. (1994): *Sound and Geographic Visualization*. In: MacEachren, A.M. / Taylor, D.R.F. (Hrsg.): Visualisation in Modern Cartography. Band 2, Pergamon / Elsevier Science Ltd., Oxford, S. 149-165. ISBN-10: 0-08-042415-5.

Lerdorf, R. / Tatroe, K. (2002): *Programming PHP*. 1. Edition, O'Reilly, Sebastopol. ISBN-10: 1-56592-610-2.

Lockwood, A. (1969): Diagrams: A visual Survey of Graphs, Maps, Charts and Diagrams for the Graphic Designer. Studio Vista, London. ISBN-10: 0-289-37030-2.

MacEachren, A.M. (1994): Some Truth with Maps: A Primer on Symbolization and Design. Association of American Geographers, Washington. ISBN-10: 0-89291-214-6.

MacEachren, A.M. / Taylor, D.R.F. (Hrsg.) (1994): Visualisation in Modern Cartography. Band 2, Pergamon / Elsevier Science Ltd., Oxford. ISBN-10: 0-08-042415-5.

MacEachren, A.M. (1995): How Maps Work: Representation, Visualization, and Design. The Guilford Press, New York / London. ISBN-10: 0-89862-589-0.

Mackinlay, J. (1986): Automating the Design of Graphical Presentations of Relational Information. In: ACM Transactions on Graphics, Band 5, Nr. 2, S. 110-141. ISSN: 0730-0301. http://www2.sims.berkeley.edu/courses/is247/f05/readings/Mackinlay_APT_TOG86.pdf (Zugriff: 05/2006).

Mersey, J.E. (1996): Cartographic Symbolization Requirements For Microcomputer-based Geographic Information Systems. In: Keller, C.P. / Wood, C.H. (Hrsg.): Cartographic Design: Theoretical and Practical Perspectives. John Wiley & Sons, West Sussex, S. 157-175. ISBN-10: 0-471-96587-1.

Meuret, P. / Piesbergen, J. / Suter, A. / Suter, M. (1990): Dienstleistungen: Beschäftigte und Arbeitsstätten 1975 und 1985. Karte, Übung Thematische Kartografie am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich, unveröffentlicht.

Müller, A. (2001): *Daten*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1 A bis Karti. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 131. ISBN-10: 3-8274-1055-X.

Müller, A. (2005): Datenexploration und Wissenskommunikation in der Geovisualisierung. In: Kartographische Nachrichten, Band 5, S. 236-243. ISSN: 0022-9164.

Neudeck, S. (2001): Zur Gestaltung topographischer Karten für die Bildschirmvisualisierung. Dissertation im Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen, Universität der Bundeswehr München, München. ISSN: 0173-1009.

Neudeck, S. (2005): Vorschläge zur Gestaltung thematischer Karten für die Bildschirmvisualisierung. In: Kartographische Nachrichten, Band 1, S. 31-35. ISSN: 0022-9164.

Neumann, J. (1997): Enzyklopädisches Wörterbuch Kartographie in 25 Sprachen. 2. Edition, Verlag K.G. Saur, München. ISBN-10: 3-598-10764-1.

Neumann, A. / Winter, A.M. (2003): Webmapping with Scalable Vector Graphics (SVG): Delivering the promise of high quality and interactive web maps. In: Peterson, M.P. (Hrsg.): Maps and the Internet, Elsevier Science Ltd., Oxford, S. 197-220. ISBN-10: 0-08-044201-3.

Neumann, A. (2005a): ArcView Shapefile to SVG converter (Shp2SVG). http://www.carto.net/papers/svg/utils/shp2svg/ (Zugriff: 06/2006).

Neumann, A. (2005b): *Use of SVG and ECMAScript Technology for E-Learning Purposes*. In: Proceedings of the ISPRS Workshop Commissions VI/1-VI/2, Potsdam. http://www.carto.net/papers/svg/articles/paper_use_of_svg_and_ecmascript_for_elearning_isprs_workshop_potsdam_2005.pdf (Zugriff: 06/2006).

Neumann, A. / Williams, J. (2006): *Europakarte*. Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich, unveröffentlicht.

Neumann, A. (2006): *SVG GUI Elements*. Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich. http://www.carto.net/papers/svg/gui/ (Zugriff: 05/2006).

PHP (2006): PHP Hypertext Preprocessor. http://www.php.net (Zugriff: 05/2006).

Prado, A.B. / Baranauskas, M.C.C. / Bauzer Medeiros, C.M. (2000): Cartography and Geographic Information Systems as Semiotic Systems: A Comparative Analysis. In: Li, K.J. / Makki, K. / Pissinou, N. / Ravada, S. (Hrsg.): Geographic Information Systems: Proceedings of the 8th ACM international symposium on Advances in geographic information systems. ACM Press, Washington, S. 161-166. ISBN-10: 1-58113-319-7. http://portal.acm.org/citation.cfm? doid=355274.355298 (Zugriff: 05/2006).

Robinson, A.H. / Morrison, J.L. / Sale, R.D. / Muehrke, P.C. (1984): *Elements of Cartography*. 5. Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York. ISBN-10: 0-471-09877-9.

Rock, I. (1998): Wahrnehmung: Vom visuellen Reiz zum Sehen und Erkennen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin. ISBN-10: 3-8274-0478-9.

Roth, S.F. / Mattis, J. (1990): Data Characterization for Intelligent Graphics Presentation. http://www.cs.cmu.edu/Groups/sage/Papers/CHI90/Data Characterization.html (Zugriff: 01/2006).

Roth, S.F. / Kolojejchick, J. / Mattis, J. / Chuah, M.C. (1995): SageTools: An Intelligent Environment for Sketching, Browsing, and Customizing Data-Graphics. http://www.cs.cmu.edu/~sage/PDF/SageTools.pdf (Zugriff: 01/2006).

Ryazanov, A. / Tikunov, V. (1999): Menners of Cartographic Representation. http://lazarus.elte.hu/cet/modules/tikunov/diagramm-1.jpg (Zugriff: 07/2006).

Schmid, A. (2005): Wetterkarte Schweiz. http://www.carto.net/schmid/wetter/(Zugriff: 01/2006).

Schmid, A. / Weber, A. (2006): *Digital Diagram Designer*. Praktikumsarbeit am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich. http://www.carto.net/schmid/diagram/ (Zugriff: 02/2006).

Schnabel, O. (2004): *Map Symbol Brewer*. In: Proceedings of the 3rd SVG Open Conference, Tokio. http://www.svgopen.org/2004 (Zugriff: 06/2006).

Schnabel, O. (2005): *Map Symbol Brewer - A new Approach for a cartographic Map Symbol Generator*. In: Proceedings of the 22nd International Cartographic Conference, A Coruña.

Schnabel, O. (2006a): *Map Symbol Brewer*. Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich. http://www.carto.net/schnabel/mapsymbolbrewer/ (Zugriff: 06/2006).

Schnabel, O. (2006b): *Map Symbol Brewer – DiaML Schema*. Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich. http://www.carto.net/schnabel/mapsymbol brewer/schemas/diaml.xsd (Zugriff: 06/2006).

Schnabel, O. (2006c): *Map Symbol Brewer – Testdatensatz*. Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich. http://www.carto.net/schnabel/mapsymbol brewer/testdata/data_test.xml (Zugriff: 06/2006).

Schnabel, O. (2006d): *Map Symbol Brewer – MapInfo Schema*. Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich. http://www.carto.net/schnabel/mapsymbol brewer/schemas/mapinfo.xsd (Zugriff: 06/2006).

Schnabel, O. (2006e): *Map Symbol Brewer – Data Schema*. Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich. http://www.carto.net/schnabel/mapsymbolbrewer/schemas/data.xsd (Zugriff: 06/2006).

Schneider, B. (2002): GIS-Funktionen in Atlas-Informationssystemen. Dissertation am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich.

Schoppmeyer, J. (2001): *Farbraum*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1 A bis Karti. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 234. ISBN-10: 3-8274-1055-X.

Schröder, P. (1985): *Diagrammdarstellung in Stichworten*. Hirts Stichwörterbücher, Verlag Ferdinand Hirt AG, Unterägeri. ISBN-10: 3-266-03005-2.

Schweizer Weltatlas (2004): *Schweizer Weltatlas*. Deutsche Ausgabe, Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (Hrsg.), Zürich. ISBN-10: 3-906744-37-X.

SelfHTML (2005): SELFHTML. http://de.selfhtml.org (Zugriff: 05/2006).

Sieber, R. / Bär, H.R. (1997): Atlas der Schweiz – Multimedia-Version. Adaptierte GIS-Techniken und qualitative Bildschirmgraphik. In: DGfK (Hrsg.): Kartographische Schriften: GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld, Band 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 67-77. ISBN-10: 3-7812-1439-7.

SLD (2002): *Styled Layer Descriptor Implementation Specification*. Open GIS Consortium (Hrsg.). http://www.opengeospatial.org/docs/02-070.pdf (Zugriff: 01/2006).

Slocum, T.A. / McMaster, R.B. / Kessler, F.C. / Howard, H.H. (2005): *Thematic Cartography and Geographic Visualization*. 2. Edition, Prentice Hall, ISBN-10: 0-13-035123-7.

Spiess, E. (1970): Eigenschaften von Kombinationen graphischer Variablen. In: Arnberger, E. (Hrsg.): Grundsatzfragen der Kartographie. Österreichische Geographische Gesellschaft, Wien.

Spiess, E. (1983): *Thematische Kartographie*. Vorlesungsskript am Institut für Kartografie, ETH Zürich, Zürich, unveröffentlicht.

Spiess, E. / Hutzler, E. (1993): *A knowledge-based thematic mapping system – other way round*. In: Mesenburg, P. (Hrsg.): Proceedings of the 16th International Cartographic Conference, Köln, Volume 1. Deutsche Gesellschaft für Kartographie, Bielefeld, S. 329-340. ISBN-10: 3-905084-11-2.

Stams, W. (2001): *Bildstatistik*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1 A bis Karti. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 91. ISBN-10: 3-8274-1055-X.

Stams, W. (2002): *Mengensignatur*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2 Karto bis Z. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 138. ISBN-10: 2-8274-1056-8.

STATLAS (2002): *Statistical Atlas of the European Union*. http://epp.eurostat. ec.europa.eu (Zugriff: 09/2006).

SVG (2003): *Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 Specification*. World Wide Web Consortium (Hrsg.). http://www.w3.org/TR/SVG11/ (Zugriff: 05/2006).

Tainz, P. (2002a): *Objekt-Zeichen-Referenzierung*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2 Karto bis Z. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 192/193. ISBN-10: 2-8274-1056-8.

Tainz, P. (2002b): *Skalierungsniveau*. In: Bollmann, J. / Koch, W.G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2 Karto bis Z. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, S. 330. ISBN-10: 2-8274-1056-8.

Truran, H.C. (1975): A practical guide to statistical maps and diagrams. Heinemann Education Books Ltd., London. ISBN-10: 0-435-34895-7.

Tufte, E.R. (2001): *The Visual Display of Quantitative Information*. 2. Edition, Graphics Press, Cheshire. ISBN-10: 0-9613921-4-2.

Tyner, J. (1992): *Introduction to Thematic Cartography*. Prentice Hall, Upper Saddle River / New Jersey. ISBN-10: 0-13-489105-8.

Ueberschär, N. / Winter, A.M. (2006): Visualisieren von Geodaten mit SVG im Internet. Band 1: Scalable Vector Graphics – Einführung, clientseitige Interaktionen und Dynamik. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg. ISBN-10: 3-87907-431-3.

Van der Wel, F.J.M. / Hootsmans, R.M. / Ormeling, F. (1994): Visualization of Data Quality. In: MacEachren, A.M. / Taylor, D.R.F. (Hrsg.): Visualization in Modern Cartography. Band 2, Pergamon / Elsevier Science Ltd., Oxford. ISBN-10: 0-08-042415-5.

Vanecek, E. / Geistlinger, M. / Liem-Adiwana, M. / Margula, H. / Stein, G. (1980): Experimentelle Beiträge zur Wahrnehmbarkeit kartographischer Signaturen. Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. ISBN-10: 3-7001-0337-9.

White, J.V. (1984): Using Charts and Graphs: One Thousand Ideas for Getting Attention Using Charts and Graphs. R.R. Bowker Company, New York / London. ISBN-10: 0-8352-1894-5.

Wikipedia (2006a): *Chart*. http://en.wikipedia.org/wiki/Chart (Zugriff: 01/2006).

Wikipedia (2006b): *HSV-Farbraum*. http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:HSV_cone.jpg (Zugriff: 10/2006).

Wikipedia (2006c): *Pie chart*. http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Pie_chart_EP_election_2004.png (Zugriff: 01/2006).

Wikipedia (2006d): William Playfair. http://de.wikipedia.org/wiki/William_Playfair (Zugriff: 09/2006).

Wilkinson, L. (1999): *The Grammar of Graphics*. Springer Verlag, New York. ISBN-10: 0-387-98774-6.

Williams, R.L. (1956): Statistical Symbols for Maps: Their Design and Relative Values. Forschungsbericht am Map Laboratory, Yale University, New Haven.

Witt, W. (1967): *Thematische Kartographie*. Gebrüder Jänecke Verlag, Hannover.

XMGrace (2006): XMGrace. http://plasma-gate.weizmann.ac.il/Grace/ (Zugriff: 05/2006).

XML (2004): Extensible Markup Language (XML) 1.1. World Wide Web Consortium (Hrsg.). http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml11-20040204/ (Zugriff: 05/2006).

XMLSchema (2004): *XML Schema*. World Wide Web Consortium (Hrsg.). http://www.w3.org/XML/Schema (Zugriff: 05/2006).

Lebenslauf 151

Lebenslauf

Persönliche Daten

Olaf Schnabel geb. 20.05.1977 in Leipzig (Deutschland)

Ausbildung

seit 06/2002	Dissertation "Benutzerdefinierte Diagrammsignaturen in Karten" Institut für Kartografie, ETH Zürich
10/1995 – 05/2002	Studium Kartographie (1997/98 1 Jahr Zivildienst) TU Dresden (Abschluss: DiplIng. für Kartogra- phie)
09/1992 – 09/1995	Gustav-Theodor-Fechner-Gymnasium Leipzig (Abschluss: Abitur)
09/1983 – 09/1992	15. und 21. Polytechnische Oberschule Leipzig

Berufspraxis

seit 06/2005	Projektkoordinator des E-Learning-Projektes "CartouCHe" Institut für Kartografie, ETH Zürich
seit 06/2002	wissenschaftliche Mitarbeit und Unterrichtsassistenz Institut für Kartografie, ETH Zürich
06/2001 – 05/2002	Diplomarbeit "Konzeption eines Online-National- atlas BRD" Institut für Kartographie, TU Dresden / Institut für Länderkunde, Leipzig

02/2001 - 05/2001	Aufbau eines Radwege-GIS mit angebundener Ora- cle-Datenbank Landratsamt Leipziger Land
10/2000 – 02/2001	redaktionelle Mitarbeit am Lexikon der Kartogra- phie und Geomatik Institut für Kartographie, TU Dresden
10/1999 – 09/2000	redaktionelle u. kartografische Mitarbeit am Natio- nalatlas BRD, Bände "Verkehr und Kommunikation" und "Freizeit und Tourismus" Institut für Länderkunde, Leipzig
09/1997 – 09/1998	Mitarbeit an Naturschutzprojekten, Aufbau eines GIS Naturschutzinstitut des Naturschutzbundes Deutschland, Wurzen
10/1994	Mitarbeit bei Kartierungs- und Vermessungsarbeiten Grebner – Ing. GmbH, Mainz
07/1994 – 04/1999	Karten- und Datenbankerstellung (insgesamt 7 Mo- nate) Institut für Länderkunde, Leipzig
07/1993 – 08/1993	Kartierung der Bebauungsentwicklung der Stadt Leipzig Ökoval – GmbH, Leipzig

Anhang 153

Anhang

Annang I	Fachliteratur
Anhang II	Übersicht der potentiell mit dem Map Symbol Brewer konstruierbaren Signaturen
Anhang III	XMGrace-Beispielcode eines gruppierten Stabdiagramms
Anhang IV	DiaML (Diagram Markup Language) Schema Definition
Anhang V	Inhalt der CD-ROM
Anhang VI	Übersicht der analysierten Signaturen und ihrer Eigenschaften

Anhang I: Deutsche und englische Signaturbezeichnungen aus der Fachliteratur

Beispielabb.	Deutsche Bezeichnungen	Englische Bezeichnungen
•••	[Arnberger 1977]: Werteinheitssignatur nach Punktstreuungsmethode; [Hake et al. 2002]: Punkte (Punktstreuungsmethode)	[Dent 1999]: Dot Map Symbol;
	[Imhof 1972]: bildhafte Signatur; [Bertin 1974]: Symbol; [Witt 1967]: sprechende Punkt- und Flächensignatur; [Arnberger 1977]: konkrete (sprechende) Figurensignatur, Flächensignatur; [Hake et al. 2002]: bildhafte lokale Signatur	[MacEachren 1994]: Mimetic Symbol, Pictorial Symbol; [Dent 1999]: Replicative Symbol, Pictori-
\bigcirc	[Imhof 1972]: geometrisch geformte Signatur; [Witt 1967]: geometrische Punktsignatur; [Arnberger 1977]: abstrakte (geometrische) Signatur; [Hake et al. 2002]: geometrische (abstrakte) lokale Signatur	[Tyner 1992]: Abstract Symbol; [Dent 1999]: Abstract Symbol; [Bounford 2000]: Geometric Symbol;
*	[Hake et al. 2002]:symbolische lokale Signatur;	[Robinson et al. 1984]: Associate Symbol;
Ag	[Imhof 1972]: Buchstaben- und Ziffernsignatur; [Witt 1967]: Buchstaben- und Ziffernsignatur; [Arnberger 1977]: Buchstaben- und Ziffernsignatur; [Hake et al. 2002]: Ziffern, Buchstaben, Unterstreichungen	
O Au	[Arnberger 1977]:Unterstreichungssignatur; [Hake et al. 2002]: Ziffern, Buchstaben, Unterstreichungen;	
0	[Imhof 1972]: Stabdiagramm; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und geradliniger Konstruktion; [Schröder 1985]: Stab; [Hake et al. 2002]: stetige oder gestufte lokale Signatur;	[Wilkinson 1999]: Bar;
	[Witt 1967]: Quadratdiagramm; [Imhof 1972]: Variables Quadrat; [Hake et al. 2002]: stetige oder gestufte lokale Signatur;	[Truran 1975]: Proportional Square;

Beispielabb.	Deutsche Bezeichnungen	Englische Bezeichnungen
0	[Witt 1967]: Kreisdiagramm; [Imhof 1972]: Variable Kreisscheibe; [Schröder 1985]: Kreisdiagramm zur Darstellung absoluter Werte; [Hake et al. 2002]: stetige oder gestufte lokale Signatur;	[Truran 1975]: Proportional Circle;
	[Witt 1967]: Körperdiagramm; [Imhof 1972]: Variabler Würfel; [Arnberger 1977]: Körperdiagramm; [Schröder 1985]: Körperdiagramm; Neumann 1997]: Würfeldiagramm; [Hake et al. 2002]: stetige oder gestufte lokale Signatur;	[Truran 1975]: Proportional Cube; [Neumann 1997]: Cube Diagram; [Harris 1999]: Proportional Volume Chart; [Bounford 2000]: Volume Chart;
	[Witt 1967]: Körperdiagramm; [Imhof 1972]: Variable Kugel; [Arnberger 1977]: Körperdiagramm; [Schröder 1985]: Körperdiagramm; [Neumann 1997]: Kugeldiagramm; [Hake et al. 2002]: stetige oder gestufte lokale Signatur;	[Truran 1975]: Proportional Sphere; [Neumann 1997]: Spherical Diagram; [Harris 1999]: Proportional Volume Chart; [Bounford 2000]: Volume Chart;
	[Witt 1967]: Körperdiagramm; [Arnberger 1977]: Körperdiagramm; [Schröder 1985]: Körperdiagramm; [Neumann 1997]: Quaderdiagramm; [Hake et al. 2002]: stetige oder gestufte lokale Signatur;	[Neumann 1997]: Pillar Diagram; [Harris 1999]: Proportional Volume Chart; [Bounford 2000]: Volume Chart;
20 oo	[Witt 1967]: Baukastendiagramm, Abzählgruppe; [Imhof 1972]: Zählrahmendiagramm, Quadratgitterdiagramm; [Arnberger 1977]: Werteinheitsdiagramm (Werteinheitssignatur nach Wiener Methode der Bildstatistik); [Schröder 1985]: Abzähldiagramm; [Hake et al. 2002]: lokale Signaturen durch Werteinheiten mit Wiener Methode der Bildstatistik bzw. Zählrahmenmethode;	[Truran 1975]: Repeated Symbols; [Harris 1999]: Unit Chart;
	[Witt 1967]: Abzählgruppe; [Imhof 1972]: Kleingelddiagramm; [Arnberger 1977]: Werteinheitssignatur nach Kleingeldmethode (Kleingelddia- gramm); [Hake et al. 2002]: lokale Signaturen durch Werteinheiten mit Kleingeldme- thode;	

Beispielabb.	Deutsche Bezeichnungen	Englische Bezeichnungen
	[Imhof 1972]: Gegliederte oder Kubische Blöcke; [Arnberger 1977]: Werteinheitssignatur nach Baukastenmethode (Baukastendiagramm); [Hake et al. 2002]: lokale Signaturen durch Werteinheiten mit Block-, Quaderoder Baukastenmethode;	[Harris 1999]: Block Chart; [Bounford 2000]: Unit-Volume Chart;
	Gegliedertes Zählrahmendiagramm [Imhof 1972]	
	[Imhof 1972]: Gegliederte Blöcke, Bau- kastendiagramm;	[Bounford 2000]: Unit-Volume Chart;
	[Imhof 1972]: Gegliederte Kugeln; [Arnberger 1977]: Unterteiltes Körper- diagramm; [Hake/Grünreich 1994]: Körperdia- gramm, Quaderdiagramm;	[Harris 1999]: Volume Chart; [Bounford 2000]: Unit-Volume Chart;
Пы	[Witt 1967]: Häufigkeitsdiagramm mit Darstellung durch Stäbe, Stabdiagramm; [Imhof 1972]: Gegliedertes Stabdiagramm, Säulendiagramm, Diagramm mit ungegliederten Stäben einer abhängigen Variablen im rechtwinkligen Koordinatensystem, einfache Stäbe; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und rechtwinkliger Konstruktion; [Arnberger 1977]: Stäbchen- und Säulendarstellung; [Schröder 1985]: Streckendiagramm, Stabdiagramm; [Neumann 1997]: Stabdiagramm, Säulendiagramm;	gence Bar Graph (für positive und negative Werte), Group (comparative) Bar Graph (gruppiert); [White 1984]: Bar and Column Chart; [Tyner 1992]: Bar Graph, Histgram; [Neumann 1997]: Bar Diagram, Column Diagram; [Dent 1999]: Simple Bar Graph;
	[Imhof 1972]: Gegliederte Quadrat- und Dreiecksflächen; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und geradliniger Elevation; [Arnberger 1977]: Flächendiagramm; [Schröder 1985]: Kreisdiagramm zur Darstellung von Prozentanteilen im sachlichen, zeitlichen oder regionalen Vergleich, Kreisdiagramm zur Darstellung des Vergleichs absoluter Werte mittels ineinandergesetzter Kreisflächen;	gle;

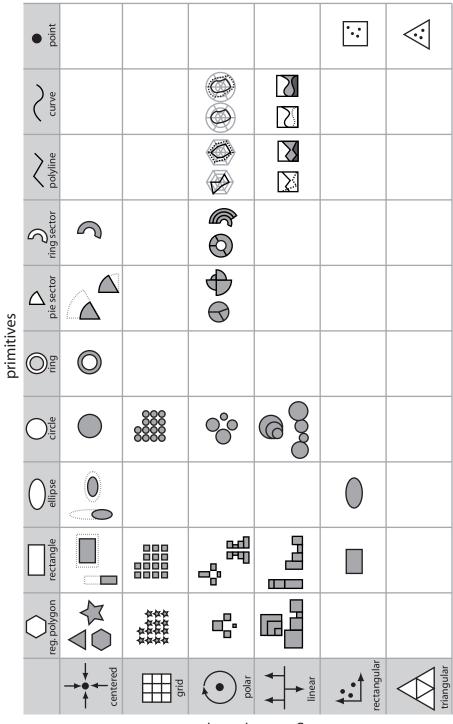
Beispielabb.	Deutsche Bezeichnungen	Englische Bezeichnungen
	[Witt 1967]: Kreisdiagramm; [Imhof 1972]: Gegliedertes Kreisscheibendiagramm; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und kreisförmiger Konstruktion; [Arnberger 1977]: unterteiltes Flächendiagramm; [Schröder 1985]: Kreisdiagramm zur Darstellung der Zusammensetzung absoluter Werte; [Hake/Grünreich 1994]: Tortendiagramm, Kreissektorendiagramm; [Neumann 1997]: Kreissektorendiagramm; [Hake et al. 2002]: Kreissektorendiagramm;	[White 1984]: Pie Chart; [Tyner 1992]: Pie Chart; [Neumann 1997]: Sector Diagram; [Dent 1999]: Segmented Circle, Sector Graph; [Wilkinson 1999]: Pie Chart;
	[Witt 1967]: Kreisdiagramm; [Imhof 1972]: gegliederter Fächer; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und kreisförmiger Konstruktion;	[Bounford 2000]: Divided Pie Slice;
R	[Imhof 1972]: Gegliederte Schriftzeichen;	
+	[Witt 1967]: Kreisdiagramm; [Imhof 1972]: Viertelskreis- oder Achtelskreis-Sektoren mit verschiedenen Radien; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und kreisförmiger Elevation; [Schröder 1985]: Kreisdiagramm zur Darstellung von sich inhaltlich ergänzenden Werten mittels gekoppelter Diagramme; [Hake/Grünreich 1994]: Quadrantendiagramm;	
	[Witt 1967]: Kreisdiagramm; [Imhof 1972]: Zweiteilige Halbkreisscheiben mit Sektoren; [Arnberger 1977]: gegenübergestelltes bzw. gekoppeltes Diagramm; [Schröder 1985]: gegenübergestelltes bzw. gekoppeltes Diagramm;	[Truran 1975]: Proportional Divided Semi-circles;
	[Witt 1967]: Kreisdiagramm; [Imhof 1972]: Kreisring;	[Wilkinson 1999]: Polar Divided Bar; [Harris 1999]: Donut Chart;

Beispielabb.	Deutsche Bezeichnungen	Englische Bezeichnungen
	[Imhof 1972]: Gegliederte Quadratflächen in Quadrantenanordnung; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und kreisförmiger Elevation; [Arnberger 1977]: Gegenübergestelltes bzw. Gekoppeltes Flächendiagramm;	
	[Witt 1967]: Kurvendiagramm, Häufigkeitsdiagramm mit Darstellung durch Polygonzug; [Imhof 1972]: Diagramm mit einer kontinuierlichen Kurve einer abhängigen Variablen im rechtwinkligen Koordinatensystem, einfaches Kurvendiagramm; [Arnberger 1977]: Kurvendiagramm im rechtwinkligen Koordinatensystem; [Schröder 1985]: Kurvendiagramm; [Neumann 1997]: Kurvendiagramm;	Graph, Divergence Line Graph (für positive und negative Werte); [White 1984]: Curve Chart; [Neumann 1997]: Graph; [Dent 1999]: Simple Line Graph; [Wilkinson 1999]: Line Plot, Profile
	[Imhof 1972]: Diagramm mit einer Gruppe kontinuierlicher Kurven abhän- giger Variablen im rechtwinkligen Koor- dinatensystem, mehrgliedriges Kurven- diagramm; [Schröder 1985]: Kurvendiagramm;	Line Graph; [Dent 1999]: Compound Line Graph;
	[Witt 1967]: Banddiagramm; [Imhof 1972]: Diagramm mit einer kontinuierlichen Kurve, deren x-Beträge in mehrere Teilbeträge aufgeteilt sind, mehrgliedriges additives Kurvendiagramm; [Schröder 1985]: Banddiagramm;	[Wilkinson 1999]: Stacked Area Chart; [Harris 1999]: Divided Area Graph,
ba	[Imhof 1972]: Diagramm mit zeitlichen Folgen von Gruppen von Stäben für abhängige Variablen im rechtwinkligen Koordinatensystem, Stabgruppen; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und rechtwinkliger Konstruktion; [Arnberger 1977]: Stäbchen- und Säulendarstellung; [Schröder 1985]: Stabdiagramm;	

Beispielabb.	Deutsche Bezeichnungen	Englische Bezeichnungen
B	[Imhof 1972]: Diagramm mit gegliederten Stäben für abhängige Variablen im rechtwinkligen Koordinatensystem, mehrteilige Stäbe; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und rechtwinkliger Konstruktion; [Arnberger 1977]: unterteilte Stäbchenund Säulendarstellung; [Schröder 1985]: Stabdiagramm; [Hake/Grünreich 1994]: Stab- oder Säulendiagramm;	Graph; [Dent 1999]: Compound Bar Graph; [Harris 1999]: Stacked Column Graph, Stacked Bar Graph, Composite Bar Graph, Divided Bar Graph, Segmented Bar Graph, Composite Column Graph; [Wilkinson 1999]: Divided (Stacked) Bar;
	[Imhof 1972]: Gestreifte Quadratflächen; [Arnberger 1977]: Unterteiltes Flächen- diagramm; [Schröder 1985]: Untergliedertes Flä- chendiagramm;	[Bounford 2000]: Split Area Chart;
エ	[Imhof 1972]: Alterspyramide; [Arnberger 1977]: Stäbchen- und Säulendarstellung; [Schröder 1985]: Bevölkerungspyramide, Alterspyramide; [Hake/Grünreich 1994]: Bevölkerungspyramide;	[Wilkinson 1999]: Age-Sex Pyramid, Dual Histograms, Population Pyramid; [Harris 1999]: Paired Bar Graph, Dual
	[Imhof 1972]: Einfaches Kurvendiagramm mit Polarkoordinaten, Ziffernblattdiagramm; [Arnberger 1977]: Kurvendiagramm im Polarkoordinatensystem, Richtungs- bzw. Tendenzdiagramm; [Schröder 1985]: Polardiagramm;	[Wilkinson 1999]: Polar Plot, Spider Web, Star Plot, Radar Plot; [Harris 1999]: Radar Graph, Spider
	[Imhof 1972]: Kurvengruppendiagramm mit Polarkoordinaten, Ziffernblattdia- gramm; [Schröder 1985]: Polardiagramm;	[Truran 1975]: Circular Graph; [Wilkinson 1999]: Polar Plot, Spider Web, Star Plot, Radar Plot; [Bounford 2000]: Circular Line Graph;
	[Imhof 1972]: Diagramm mit ungegliederten Stäben im Polarkoordinatensystem, Ziffernblattdiagramm, Winddiagramm; [Bertin 1974]: Diagramm mit 2 Komponenten und Polar-Konstruktion; [Arnberger 1977]: Richtungs- bzw. Tendenzdiagramm; [Schröder 1985]: Polardiagramm; [Hake/Grünreich 1994]: Winddiagramm; [Neumann 1997]: Winddiagramm;	Wind Rose; [Neumann 1997]: Wind-Rose [Dent 1999]: Clock-type Bar Graph; [Wilkinson 1999]: Wind Rose Chart, Polar Histogram;

Beispielabb.	Deutsche Bezeichnungen	Englische Bezeichnungen
	[Imhof 1972]: Diagramm mit gegliederten Stäben im Polarkoordinatensystem, Ziffernblattdiagramm; [Schröder 1985]: Polardiagramm;	
	[Imhof 1972]: komplexes Diagramm im Polarkoordinatensystem, Ziffernblattdiagramm;	
5	[Imhof 1972]: Diagramm mit gegliederten Kreisbogenstücken im Polarkoordinatensystem, Raddiagramm;	
	[Witt 1967]: Rechteckdiagramm, Korrelationsfigur; [Imhof 1972]: Rechteck mit drei Aussagen; [Arnberger 1977]: Korrelationsfigur; [Schröder 1985]: Rechteckdiagramm, Korrelationsfigur; [Hake/Grünreich 1994]: Rechteckdiagramm;	
·:	[Witt 1967]: Streuungsdiagramm; [Schröder 1985]: Punktdiagramm;	[Truran 1975]: Dispersion Graph; [White 1984]: Dot Chart; [Tyner 1992]: Scatter Graph; [Dent 1999]: Scatter Plot; [Wilkinson 1999]: Scatterplot; [Harris 1999]: Correlation Graph, Dot Graph; [Bounford 2000]: Scatter Graph;
	[Witt 1967]: Dreieckskoordinatendia-gramm; [Imhof 1972]: Gleichseitiges Dreieck mit Relativkomponenten; [Bertin 1974]: Diagramm mit 3 Kompo- nenten; [Arnberger 1977]: Dreiecksdiagramm; [Schröder 1985]: Dreiecksdiagramm; [Hake/Grünreich 1994]: Dreiecksdia- gramm; [Neumann 1997]: Dreieckskoordinaten- diagramm;	[Tyner 1992]: Triangular Graph;

Anhang II: Übersicht potentieller, mit Map Symbol Brewer konstruierbarer Signaturen



arrangement principles

Anhang III - V

Anhang III: XMGrace-Beispielcode eines gruppierten Stabdiagramms

Dieser Anhang befindet sich aus Platzgründen nur auf der CD-ROM im Ordner "01_text" (anhangIII_xmgrace_grouped_barchart.txt).

Anhang IV: DiaML (Diagram Markup Language) Schema Definition

Dieser Anhang befindet sich aus Platzgründen nur auf der CD-ROM im Ordner "01_text" (anhangIV_diaml_schema_definition.xsd). Auch auf der CD-ROM im Ordner "03_diaml_descriptions" befinden sich Beispiele von DiaML-Beschreibungen.

Anhang V: Inhalt der CD-ROM

Die CD-ROM befindet sich auf der hinteren Umschlagseite. Dort gespeichert sind

- der Text dieser Arbeit als PDF-Datei,
- die Anhänge III und IV als Text- bzw. XML-Datei,
- die Präsentation der Arbeit als PDF-Datei,
- Beispiele von DiaML-Beschreibungen sowie
- der Code des Map Symbol Brewers (Stand des Prototyps: 15.12.2006).

Anhang VI: Übersicht der analysierten Signaturen und ihrer Eigenschaften

1. Punktstreuungssignatur (Dot Symbol)





aus [Dent 1999]

Alternativnamen: Dot Map Symbol [Dent 1999]; Dot Density Map Symbol [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Punkt

Anordnungsprinzip: zentriert (centered)

Proportionalität: -

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum

- 1 konstanter Punktradius

Bedingungen:

1 Punkt entspricht einem bestimmten Wert

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Position; selten: Farbton oder Form (Qualität), Grösse (max. 3 Klassen, siehe [Imhof 1972, S. 154-160])

Farbzuweisung: punktweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Vorkommen

Bemerkungen: viele Koordinaten nötig (zur Lösung dieses Problems Option möglich, einen Radius um den Platzierungspunkt zu definieren und darin je nach Datenwert eine bestimmte Anzahl Punkte willkürlich zu platzieren); meist nur 1 Punktfarbe und -form pro Karte, da Farben und Formen wegen geringer Grösse der Punkte schlecht unterscheidbar [Hake et al. 2002, S. 470]

2. Wertproportionale Bildhafte Signatur (Proportional Pictorial Symbol)





aus [Slocum et al. 2005]

aus [Slocum et al. 2005]

Alternativnamen: Pictorial Symbol [Tyner 1992; MacEachren 1994; Dent 1999; Bounford 2000]; sprechende Signatur [Witt 1967]; konkrete Signatur [Arnberger 1977]; Mimetic Symbol [MacEachren 1994]

Kartografische Primitive: - (beliebiges Bild) Anordnungsprinzip: zentriert (centered) Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:
- Position: Zentrum

Bedingungen:

- Signatur ist flächenproportional zum Datenwert

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; umgebendes regelmässiges Polygon oder Kreis

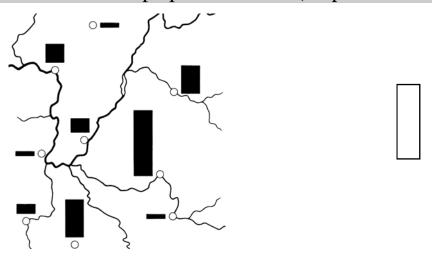
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); selten: Farbton (Qualität)

Farbzuweisung: -

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: Datenwert nicht direkt auslesbar bzw. messbar, daher geometrische Form um Signatur nötig; unleserliche Signatur bei sehr kleinen Werten

3. Wertproportionaler Stab (Proportional Bar)



aus [Imhof 1972]

Alternativnamen: Stabdiagramm [Imhof 1972]; Stab [Schröder 1985]; Bar [Wilkinson 1999]

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab

Anordnungsprinzip: zentriert (centered)
Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Mitte unten

- 1 Höhe/Länge
- 1 Breite
- 1 Rotationswinkel um das Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- der Stab ist längenproportional zum Datenwert (Stabhöhe ist variabel)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Stab mit konstanter (maximaler) Höhe

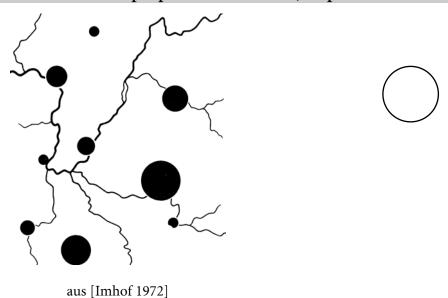
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); selten: Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: stabweise, positiv-/negativweise

Verwendung: Darstellung eines Datenwertes; auch negative Datenwerte möglich; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: Beachtung Minimal- und Maximalgrösse der Signatur; wenn mit Hilfskonstruktion, dann auch Darstellung von Prozentwerten möglich

4. Wertproportionaler Kreis (Proportional Circle)



Alternativnamen: Kreisdiagramm [Witt 1967; Schröder 1985]; Variable Kreisscheibe [Imhof 1972];

Proportional Circle [Truran 1975] Kartografische Primitive: Kreis

Anordnungsprinzip: zentriert (centered) Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum

- 1 Radius

Bedingungen:

– der Kreis ist flächenproportional zum Datenwert (der Radius ist variabel) ($Radius = \sqrt{Datenwert/\pi}$)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: signaturweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis

grosser Wertespanne

Bemerkungen: Beachtung Minimal- und Maximalgrösse der Signatur

5. Wertproportionales Quadrat (Proportional Square)



aus [Slocum et al. 2005]

Alternativnamen: Quadratdiagramm [Witt 1967]; Variables Quadrat [Imhof 1972]; Proportional

Square [Truran 1975]

Kartografische Primitive: regelmässiges Polygon

Anordnungsprinzip: zentriert (centered)
Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum1 Seitenlänge

- 1 Rotationswinkel um Zentrum

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- das Quadrat ist flächenproportional zum Datenwert (die Seitenlänge ist variabel)

($Seitenlänge = \sqrt{Datenwert}$)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: signaturweise

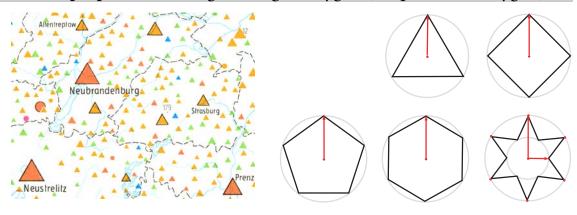
Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis

grosser Wertespanne

Bemerkungen: Beachtung Minimal- und Maximalgrösse der Signatur; kann auch als regelmässiges

Polygon konstruiert werden

6. Wertproportionales Regelmässiges Polygon (Proportional Polygon)



aus [Atlas DDR 1976 ff., Blatt 19.1]

Alternativnamen: -

Kartografische Primitive: regelmässiges Polygon

Anordnungsprinzip: zentriert (centered) Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum

- 1 umgebender Radius

- n Ecken

- 1 innerer Radius (optional, zwischen 0 und 100 % des umgebenden Radius)
- 1 Rotationswinkel um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

– das Polygon ist flächenproportional zum Datenwert (der umgebende Radius ist variabel) ($Radius = \sqrt{Datenwert/\pi}$)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

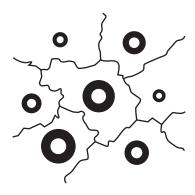
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); Farbwert (Ordnung)

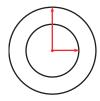
Farbzuweisung: signaturweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: Beachtung Minimal- und Maximalgrösse der Signatur; häufig wird bei der Flächenberechnung die Kreisfläche (umgebender Radius) berechnet, die Differenzen zum eigentlichen Polygon werden ignoriert

7. Wertproportionaler Kreisring (Proportional Ring)





Alternativnamen: -

Kartografische Primitive: Ring

Anordnungsprinzip: zentriert (centered) Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum1 umgebender Radius

- 1 innerer Radius (0 bis 100 % des umgebenden Radius)

Bedingungen:

- der Kreisring ist flächenproportional zum Datenwert (der umgebende Radius ist variabel) ($Radius = \sqrt{Datenwert/\pi}$)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

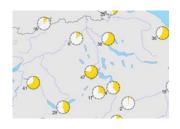
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: signaturweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: Beachtung Minimal- und Maximalgrösse der Signatur; häufig wird sich bei der Flächenberechnung am wertproportionalen Kreis orientiert (der Hohlraum wird ignoriert, da die gesamte Fläche wahrgenommen wird); kann auch mittels Verschneidung von 2 Kreisen konstruiert werden

8. Wertproportionaler Kreissektor (Proportional Pie Sector)





aus [Schmid 2005]

Alternativnamen: Kreissektor [Schröder 1985]; Proportional Pie Slice

Kartografische Primitive: Kreissektor Anordnungsprinzip: zentriert (centered) Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum

- 1 Radius

- 1 Kreissektorenstartwinkel

- 1 Kreissektorenwinkel

- 1 Rotationswinkel um das Zentrum

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

 der Kreissektor ist flächenproportional zum Datenwert (der Radius oder der Sektorwinkel sind variabel)

- der Sektorwinkel ist kleiner als 360 Grad

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Kreis mit Kreissektorradius

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); Farbwert (Ordnung)

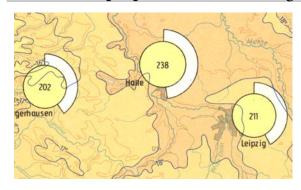
Farbzuweisung: signaturweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis

grosser Wertespanne

Bemerkungen: Beachtung Minimal- und Maximalgrösse der Signatur

9. Wertproportionaler Kreisringsektor (Proportional Ring Sector)





aus [Atlas DDR 1976 ff., Blatt 7.2]

Alternativnamen: Ungegliedertes Raddiagramm [Imhof 1972]

Kartografische Primitive: Ringsektor Anordnungsprinzip: zentriert (centered) Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum1 umgebender Radius

- 1 innerer Radius (0 bis 100 % des umgebenden Radius)

- 1 Kreisringsektorenstartwinkel

- 1 Kreisringsektorenwinkel

- 1 Rotationswinkel um das Zentrum

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- der Kreisringsektor ist flächenproportional zum Datenwert (der umgebende Radius oder der Ringsektorwinkel sind variabel)
- der Ringsektorwinkel ist kleiner als 360 Grad

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Kreis mit umgebendem Radius

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: signaturweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: Beachtung Minimal- und Maximalgrösse der Signatur; häufig wird sich bei der Flächenberechnung am wertproportionalen Kreissektor orientiert (der Hohlraum wird ignoriert); kann auch mittels Verschneidung von 2 Kreissektoren konstruiert werden

10. Kombinierte Geometrische Signatur (Combined Geometric Symbol)





aus [Atlas DDR 1976 ff., Blatt 24.1]

Alternativnamen: Zusammengesetzte Geometrische Signatur

Kartografische Primitive: beliebig, aber geometrisch

Anordnungsprinzip: zentriert (centered) Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum1 Rotationswinkel

- 1 Drehwinkel (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- Signatur flächenproportional zum Datenwert

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); selten: Farbwert (Ordnung)

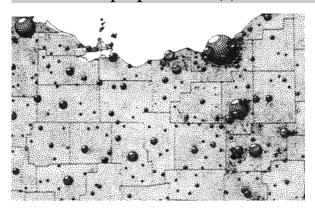
Farbzuweisung: -

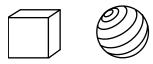
Verwendung: nur für positive Zahlenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis

grosser Wertespanne

Bemerkungen: Kombinationen können Lesbarkeit einschränken

11. Wertproportionale(r) Würfel/Kugel (Proportional Cube/Sphere)





aus [Slocum et al. 2005]

Alternativnamen: Variable(r) Würfel/Kugel [Imhof 1972]; Körperdiagramm [Witt 1967; Arnberger

1977; Schröder 1985]; Volume Chart [Bounford 2000]

Kartografische Primitive: Würfel oder Kugel Anordnungsprinzip: zentriert (centered) Proportionalität: volumenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum

- 1 Seitenlänge bzw. 1 Radius

- 1 Rotationswinkel um Zentrum

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

die Kugel / der Würfel ist volumenproportional zum Datenwert (der Radius bzw. die Seitenlänge ist variabel)

($Radius = \sqrt[3]{(3*Datenwert)/(4*\pi)}$ bzw. $Seitenlänge = \sqrt[3]{Datenwert}$)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); Farbwert (Ordnung)

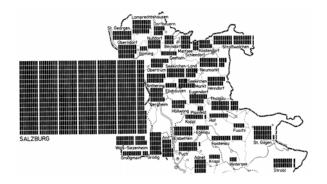
Farbzuweisung: signaturweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit grosser bis sehr

grosser Wertespanne

Bemerkungen: Beachtung Minimal- und Maximalgrösse der Signatur

12. Zählrahmendiagramm (Repeated Symbols)





aus [Arnberger 1977]

Alternativnamen: Zählrahmendiagramm [Imhof 1972]; Quadratgitterdiagramm [Imhof 1972]; Baukastendiagramm [Witt 1967, Hake/Grünreich 1994]; Repeated Symbols [Truran 1975]; Werteinheitsdiagramm [Arnberger 1977, Hake/Grünreich 1994]; Abzähldiagramm [Schröder 1985]; Flächendiagramm [Hake/Grünreich 1994]; Unit Chart [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Kreis, beliebiges regelmässiges Polygon oder bildhafte Signatur **Anordnungsprinzip:** Raster (grid)

Proportionalität: -

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten
- n gleich grosse Einheiten, die je einem bestimmten Wert entsprechen und in der Summe den Datenwert ergeben
- 1 Teilwert pro Einheit
- x Zeilen
- m Einheiten pro Zeile
- 1 Distanz zwischen den Einheiten
- 1 Rotationswinkel für gesamtes Diagramm um Platzierungspunkt
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Einheiten sind in einem Raster angeordnet
- alle Einheiten sind gleich gross
- jede Einheit stellt einen bestimmten Teilwert dar (*Teilwert=Datenwert/n* Einheiten)
- die Einheiten dürfen sich nicht überlappen

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

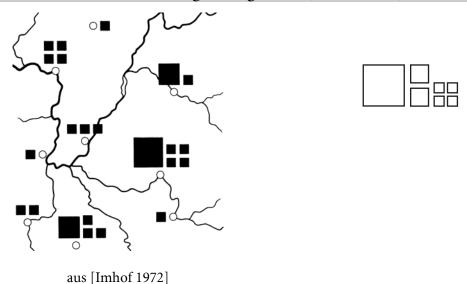
Grafische Variablen: Grösse/Anzahl (Quantität); Farbton, Form (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, einheitenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit kleiner bis mittlerer Wertespanne

Bemerkungen: je nach Teilwert pro Einheit muss der Datenwert gerundet werden, um dargestellt werden zu können (geteilte kartografische Primitiven nur bei regelmässigen Polygonen und Kreisen erlaubt, aber wegen Mindestdimensionen heikel); Gruppenbildung (Gliederung mittels Farbe) ist möglich

13. Kleingelddiagramm (Coin Chart)



Alternativnamen: Kleingelddiagramm [Imhof 1972, Arnberger 1977, Hake/Grünreich 1994]; Kartografische Primitive: Kreis, beliebiges regelmässiges Polygon oder bildhafte Signatur Anordnungsprinzip: Raster (grid)

Proportionalität: -

Geometrische Variablen:

- Position: Mitte unten
- n verschieden grosse Einheiten, die je einem bestimmten Teilwert entsprechen und in der Summe den Datenwert ergeben
- m Wertestufen
- x Einheiten pro Wertestufe
- 1 Distanz zwischen den Einheiten
- 1 Rotationswinkel für gesamtes Diagramm um Platzierungspunkt
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Einheiten sind in einem Raster angeordnet
- jede Einheit stellt einen bestimmten Teilwert dar (z.B. grosses Quadrat = 10000, kleines Quadrat = 2000)
- jede Einheit ist grössenabhängig vom Teilwert
- die Einheiten dürfen sich nicht überlappen

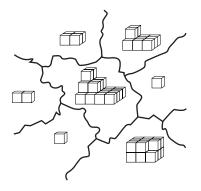
Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse/Anzahl (Quantität); Farbton (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, wertstufenweise, einheitenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung nur eines Datenwertes; Werte mit kleiner bis mittlerer Wertespanne

14. Baukastendiagramm (Repeated Cubes/Spheres/Cuboids)





aus [Arnberger 1977]

Alternativnamen: Gegliederte oder Kubische Blöcke [Imhof 1972]; Baukastendiagramm [Imhof 1972, Arnberger 1977, Hake/Grünreich 1994]; Block Chart [Harris 1999]; Unit-Volume Chart [Bounford 2000];

Kartografische Primitive: Würfel, Kugel oder Quader

Anordnungsprinzip: 3D-Raster

Proportionalität: -

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten
- n Einheiten, die je einem bestimmten Wert entsprechen und in der Summe den Datenwert ergeben
- 1 Teilwert pro Einheit
- x Zeilen
- m Einheiten pro Zeile
- 1 Distanz zwischen den Einheiten
- 1 Rotationswinkel für gesamtes Diagramm um Platzierungspunkt
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Einheiten sind in einem 3D-Raster angeordnet
- alle Einheiten sind gleich gross
- jede Einheit stellt einen bestimmten Teilwert dar (*Teilwert=Datenwert/n* Einheiten)
- die Einheiten dürfen sich nicht überlappen

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse/Anzahl (Quantität); Farbton (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, einheitenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: je nach Teilwert pro Einheit muss der Datenwert gerundet werden, um dargestellt werden zu können; Gruppenbildung (Gliederung mittels Farbe) ist möglich

15. Gegliedertes Zählrahmendiagramm (Divided Repeated Symbols)





aus [Schweizer Weltatlas 2004, S. 179]

Alternativnamen: Zählrahmendiagramm [Imhof 1972]; Quadratgitterdiagramm [Imhof 1972]; Baukastendiagramm [Witt 1967, Hake/Grünreich 1994]; Repeated Symbols [Truran 1975]; Werteinheitsdiagramm [Arnberger 1977, Hake/Grünreich 1994]; Abzähldiagramm [Schröder 1985]; Flächendiagramm [Hake/Grünreich 1994]; Unit Chart [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Kreis, beliebiges regelmässiges Polygon oder bildhafte Signatur Anordnungsprinzip: Raster (grid)

Proportionalität: -

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten
- n gleich grosse Einheiten, die je einem bestimmten Wert entsprechen und in der Summe den Datenwert ergeben
- 1 Teilwert pro Einheit
- x Zeilen
- m Einheiten pro Zeile
- y Gruppen
- z Einheiten pro Gruppe
- 1 Distanz zwischen den Einheiten
- 1 Rotationswinkel für gesamtes Diagramm um Platzierungspunkt
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Einheiten sind in einem Raster angeordnet und gleich gross
- jede Einheit stellt einen bestimmten Teilwert dar (*Teilwert=Datenwert/n* Einheiten)
- die Einheiten dürfen sich nicht überlappen

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

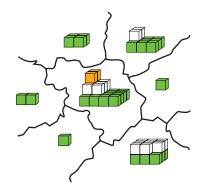
Grafische Variablen: Grösse/Anzahl (Quantität); Farbton, Form (Qualität)

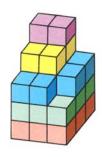
Farbzuweisung: diagrammweise, einheitenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit kleiner bis mittlerer Wertespanne

Bemerkungen: je nach Teilwert pro Einheit muss der Datenwert gerundet werden, um dargestellt werden zu können (geteilte kartografische Primitiven nur bei regelmässigen Polygonen und Kreisen erlaubt, aber wegen Mindestdimensionen heikel)

16. Gegliedertes Baukastendiagramm (Divided Repeated Cubes)





aus [Imhof 1972]

Alternativnamen: Gegliederte oder Kubische Blöcke [Imhof 1972]; Baukastendiagramm [Imhof 1972, Arnberger 1977, Hake/Grünreich 1994]; Block Chart [Harris 1999]; Unit-Volume Chart [Bounford 2000];

Kartografische Primitive: Würfel, Kugel oder Quader

Anordnungsprinzip: 3D-Raster

Proportionalität: -Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten

- n Einheiten, die je einem bestimmten Wert entsprechen und in der Summe den Datenwert ergeben
- 1 Teilwert pro Einheit
- x Zeilen
- m Einheiten pro Zeile
- y Gruppen
- z Einheiten pro Gruppe
- 1 Distanz zwischen den Einheiten
- 1 Rotationswinkel für gesamtes Diagramm um Platzierungspunkt
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Einheiten sind in einem 3D-Raster angeordnet
- alle Einheiten sind gleich gross
- jede Einheit stellt einen bestimmten Teilwert dar (*Teilwert=Datenwert/n* Einheiten)
- die Einheiten dürfen sich nicht überlappen

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

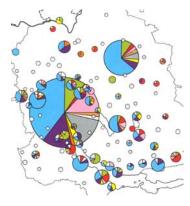
Grafische Variablen: Grösse/Anzahl (Quantität); Farbton (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, einheitenweise

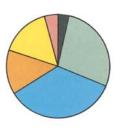
Verwendung: nur positive Datenwerte; Darstellung eines Datenwertes; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: je nach Teilwert pro Einheit muss der Datenwert gerundet werden, um dargestellt werden zu können

17. Kreissektorendiagramm (Pie Chart)



aus [Imhof 1972]



aus [Imhof 1972]

Alternativnamen: gegliedertes Kreisscheibendiagramm [Imhof 1972]; unterteiltes Flächendiagramm [Arnberger 1977]; Pie Chart [White 1984, Tyner 1992, Wilkinson 1999, Harris 1999, Bounford 2000]; Kreissektorendiagramm [Hake/Grünreich 1994, Neumann 1997, Hake et al. 2002]; Tortendiagramm [Hake/Grünreich 1994]; Sector Diagram [Neumann 1997]; Segmented Circle [Dent 1999]; Sector Graph [Dent 1999]; Divided Circle, Circular Percentage Chart, Sector Chart, Circle Diagram, Circle Graph [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Kreissektor

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum1 Gesamtradius
- n Kreissektoren
- n Kreissektorenstartwinkel
- n Kreissektorenwinkel
- 1 Distanz von den Kreissektorspitzen zum Zentrum (Offset)
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Sektoren sind um ein Zentrum angeordnet
- alle Sektoren haben den gleichen Radius
- die Kreisfläche kann flächenproportional zur Wertesumme sein (oder eine beliebige konstante Zahl)
- die Sektoren sind flächenproportional zu den Teilwerten (der Sektorwinkel ist variabel)
- der Gesamtwinkel aller Sektoren beträgt 360 Grad
- Sektoren dürfen sich nicht überlappen

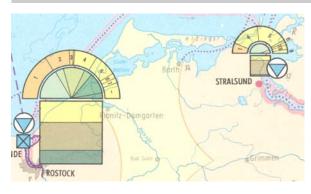
Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton, seltener: Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Sektoren)

Farbzuweisung: diagrammweise (gesamtes Diagramm in einer Farbe), sektorenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte, die sich zu 100 % ergänzen; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

18. Unterteilter Kreissektor (Divided Pie Sector)





aus [Imhof 1972]

aus [Atlas DDR 1976 ff., Blatt 46.2] (nur unterteilten Sektor beachten!)

Alternativnamen: gegliederter Fächer [Imhof 1972]; Divided Pie Slice [Bounford 2000]

Kartografische Primitive: Kreissektor

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum1 Gesamtradius

1 Gesamtstartwinkel

1 Gesamtwinkel

n Kreissektoren

- n Kreissektorenstartwinkel
- n Kreissektorenwinkel
- 1 Distanz von den Kreissektorspitzen zum Zentrum (Offset)
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Sektoren sind um ein Zentrum angeordnet
- alle Sektoren haben den gleichen Radius
- die Gesamtsektorfläche kann flächenproportional zur Wertesumme (oder eine beliebige konstante Zahl) sein (Gesamtsektorradius oder Gesamtsektorwinkel sind variabel)
- die Sektoren sind flächenproportional zu den Teilwerten (der Sektorwinkel ist variabel)
- der Gesamtwinkel aller Sektoren ist kleiner als 360 Grad
- Sektoren dürfen sich nicht überlappen

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

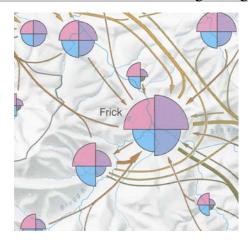
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton, seltener: Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Sektoren)

Farbzuweisung: diagrammweise, sektorenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte, die sich zu 100 % ergänzen; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: kann auch als 1 unterteilter Flügel angesehen werden

19. Flügeldiagramm (Wing Chart)





aus [Imhof 1972]



aus [Jäggi 1993]

verändert nach [Imhof 1972]

Alternativnamen: Viertel-, Achtel- usw. -kreissektoren mit verschiedenen Radien [Imhof 1972]; gegenübergestelltes bzw. gekoppeltes Diagramm [Arnberger 1977; Schröder 1985]; Quadrantendiagramm [Hake/Grünreich 1994]; Polar Plot [Wilkinson 1999]; Nightingale Rose Chart [Wilkinson 1999]; Four-Fold Chart [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Kreissektor

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrumn Kreissektoren
- n Kreissektorenradien
- n Kreissektorenstartwinkel
- 1 konstanter Kreissektorenwinkel
- 1 Gesamtwinkel
- 1 Distanz von den Kreissektorspitzen zum Zentrum (Offset)
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Sektoren sind um ein Zentrum angeordnet
- alle Sektoren haben den gleichen Winkel (Sektorwinkel = Gesamtwinkel | Anzahl Sektoren)
- die Sektoren sind flächenproportional zu den Teilwerten (der Sektorradius ist variabel)
- der Gesamtwinkel aller Sektoren beträgt meist 360 Grad, kann aber auch kleiner sein
- Sektoren dürfen sich nicht überlappen
 - (Sektorenstartwinkel = Sektorenwinkel * Anzahl vorheriger Sektoren)

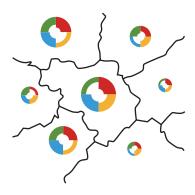
Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton, seltener: Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Sektoren)

Farbzuweisung: diagrammweise, sektorenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte, die sich zu 100 % ergänzen; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

20. Umgekehrtes Flügeldiagramm (Reversed Wing Chart)





aus [Wilkinson 1999]

Alternativnamen: Reflected Nightingale Rose Chart [Wilkinson 1999]

Kartografische Primitive: Kreisringsektor

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrumn Kreisringsektoren

- 1 konstanter Kreisringsektorenradius

– n Kreisringsektorenstartwinkel

- 1 konstanter Kreissektorenwinkel

- n innere Kreisringsektorradien (zw. 0 – 100 % des äusseren Gesamtradius)

- 1 Gesamtwinkel

- 1 Distanz von den virtuellen Kreissektorspitzen zum Zentrum (Offset)

- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Ringsektoren sind um ein Zentrum angeordnet
- alle Ringsektoren haben den gleichen Winkel
 - (Ringsektorenwinkel = Gesamtwinkel | Anzahl Ringsektoren)
- alle Ringsektoren haben den gleichen Radius
- die Ringsektoren sind flächenproportional zu den Teilwerten (der innere Ringsektorradius ist variabel)
- der Gesamtwinkel aller Ringsektoren beträgt meist 360 Grad, kann aber auch kleiner sein
- Ringsektoren dürfen sich nicht überlappen
 - (Ringsektorenstartwinkel=Ringsektorenwinkel*Anzahl vorheriger Ringsektoren)

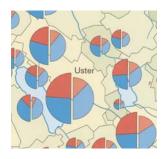
Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton, seltener: Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Sektoren)

Farbzuweisung: diagrammweise, ringsektorenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte, die sich zu 100 % ergänzen; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

21. Unterteiltes Flügeldiagramm (Divided Wing Chart)



aus [Gabaglio et al. 1995]



aus [Imhof 1972]

Alternativnamen: Unterteilte Halb-, Viertel-, Achtel- usw. -kreisscheiben mit Sektoren [Imhof 1972]; Proportional Divided Semi-circles [Truran 1975]; gegenübergestelltes bzw. gekoppeltes Diagramm [Arnberger 1977; Schröder 1985];

Kartografische Primitive: Kreissektor

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum
- 1 Gesamtwinkel und 1 Distanz von den Kreissektorspitzen zum Zentrum (Offset)
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)
- n Flügel mit n Flügelradien und n Flügelstartwinkeln
- 1 konstanter Flügelwinkel
- m Kreissektoren pro Flügel mit m Kreissektorenwinkeln pro Flügel und m Kreissektorenstartwinkeln pro Flügel
- 1 Kreissektorradius pro Flügel (= jeweiliger Flügelradius)

Bedingungen:

- alle Sektoren sind um ein Zentrum angeordnet (Sektoren dürfen sich nicht überlappen)
- alle Flügel haben den gleichen konstanten Winkel
 - (Flügelwinkel=Gesamtwinkel/Anzahl Flügel)
- alle Sektoren eines Flügels haben den gleichen Radius
- die Flügelflächen sind flächenprop. zur jeweiligen Wertesumme (d. Flügelradius ist variabel)
- die Sektoren sind flächenproportional zu den Teilwerten (der Sektorenwinkel ist variabel)
 - $(\quad \textit{Sektorenwinkel} = \textit{Fl\"{u}\"{i}} \textit{gelwinkel} * \textit{Datenwert} / \textit{Summe aller Datenwerte} \textit{eines Fl\"{u}\~{i}} \textit{gels} \quad)$
- der Gesamtwinkel aller Flügel ist meist 360 Grad, kann aber auch kleiner sein

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

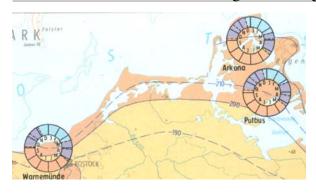
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton, seltener: Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Sektoren)

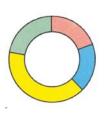
Farbzuweisung: diagrammweise, flügelweise (jeder Flügel erhält 1 Farbe), sektorenweise, positionsweise (gleiche Position im jeweiligen Flügel erhält gleiche Farbe)

Verwendung: nur positive Datenwerte, die sich zu 100 % ergänzen; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: kann auch als zusammengesetztes oder unterteiltes Kreissektorendiagramm betrachtet werden

22. Kreisringsektordiagramm (Ring Chart)





aus [Imhof 1972]

aus [Atlas DDR 1976 ff., Blatt 7.3]

Alternativnamen: Unterteilter Kreisring [Imhof 1972]; Polar Divided Bar [Wilkinson 1999]; Donut

Chart [Harris 1999]; Divided Ring

Kartografische Primitive: Kreisringsektor

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum
- 1 Gesamtradius
- n Kreisringsektoren
- n Kreisringsektorenstartwinkel
- n Kreisringsektorenwinkel
- − 1 innerer Radius (zw. 0 − 100 % des äusseren Gesamtradius)
- 1 Distanz von den virtuellen Kreissektorspitzen zum Zentrum (Offset)
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Ringsektoren sind um ein Zentrum angeordnet
- alle Ringsektoren haben den gleichen Radius
- die Ringfläche kann flächenproportional zur Wertesumme sein (oder eine beliebige konstante Zahl)
- die Ringsektoren sind flächenproportional zu den Teilwerten (der Ringsektorwinkel ist variabel)
- der Gesamtwinkel aller Ringsektoren beträgt 360 Grad
- Ringsektoren dürfen sich nicht überlappen

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton, seltener: Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Sektoren)

Farbzuweisung: diagrammweise (gesamtes Diagramm in einer Farbe), ringsektorenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte, die sich zu 100 % ergänzen; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: häufig wird sich bei der Flächenberechnung am Kreissektorendiagramm orientiert (der Hohlraum wird ignoriert)

23. Unterteilter Kreisringsektor (Divided Ring Sector)





aus [Atlas DDR 1976 ff.]

aus [Atlas DDR 1976 ff., Blatt 46.2] (nur unterteilten Ringsektor beachten!)

Alternativnamen: -

Kartografische Primitive: Kreisringsektor

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum1 Gesamtradius

- 1 Gesamtwinkel

n Kreisringsektoren

- n Kreisringsektorenstartwinkel
- n Kreisringsektorenwinkel
- − 1 innerer Radius (zw. 0 − 100 % des äusseren Gesamtradius)
- 1 Distanz von den virtuellen Kreissektorspitzen zum Zentrum (Offset)
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Ringsektoren sind um ein Zentrum angeordnet und haben den gleichen Radius
- die Gesamtringsektorfläche kann flächenproportional zur Wertesumme sein (oder eine beliebige konstante Zahl) (Gesamtringsektorradius oder Gesamtringsektorwinkel sind variabel)
- die Ringsektoren sind flächenproportional zu den Teilwerten (der Ringsektorwinkel ist variabel)
- der Gesamtwinkel aller Ringsektoren ist kleiner als 360 Grad
- Ringsektoren dürfen sich nicht überlappen

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

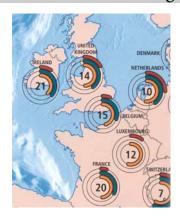
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton, seltener: Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Sektoren)

Farbzuweisung: diagrammweise, sektorenweise

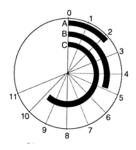
Verwendung: nur positive Datenwerte, die sich zu 100 % ergänzen; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: kann auch als 1 unterteilter Flügel angesehen werden; häufig wird sich bei der Flächenberechnung am unterteilten Kreissektor orientiert (der Hohlraum wird ignoriert)

24. Gebogene Stäbe (Circuated Bars)



aus [Bounford 2000]



aus [Harris 1999]

Alternativnamen: Gegliedertes Raddiagramm [Imhof 1972]; Circular Bar Graph [Harris 1999];

Circular Bar Diagram [Bounford 2000] Kartografische Primitive: Kreisringsektor

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum
- n gebogene Stäbe (Kreisringsektoren)
- 1 Startwinkel
- n Winkel
- n Radien
- − 1 innerer Radius (zw. 0 − 100 % des Radius)
- 1 konstanter Abstand zwischen den Kreisringsektoren

Bedingungen:

- alle Ringsektoren sind um ein Zentrum angeordnet
- jeder Ringsektor hat einen fixen Radius (der Radius ändert sich regelmässig für jeden Ringsektor) und besitzt einen konstanten Abstand zu den benachbarten Ringsektoren
- alle Ringsektoren haben einen gemeinsamen Startwinkel und eine konstante Breite
- die Ringsektorwinkel sind proportional zu den Datenwerten (Ringsektorwinkel sind variabel)
- der Winkel jedes Ringsektors ist kleiner als 360 Grad
- Ringsektoren dürfen sich nicht überlappen

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; in regelmässigen Abständen (Radien) Kreise

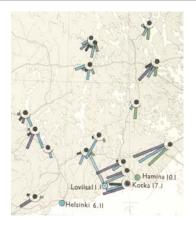
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); für unterteilte gebogene Stäbe: Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: diagrammweise, ringsektorenweise

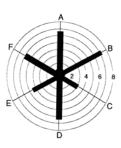
Verwendung: für positive Datenwerte; meist Prozentwerte; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: normalerweise ist die Bogenlänge bei diesem Typ längenproportional zum Datenwert, meist werden jedoch die Stablängen abhängig vom Winkel dargestellt, um eine Vergleichbarkeit der Werte zu gewährleisten; auch unterteilte gebogene Stäbe möglich, jedoch Teilstücke schlecht vergleichbar wegen unterschiedlicher Winkel und Startwinkel

25. Polares Stabdiagramm (Polar Bar Chart)



aus [Atlas Finland 1960, Blatt 29.2]



aus [Harris 1999]



Alternativnamen: Ziffernblattdiagramm [Imhof 1972]; Polares Stabdiagramm [Imhof 1972]; Winddiagramm [Imhof 1972, Hake/Grünreich 1994, Neumann 1997]; Simple Wind Rose [Truran 1975]; Richtungs- bzw. Tendenzdiagramm [Arnberger 1977]; Wind-Rose [Neumann 1997]; Wind Rose Chart [Wilkinson 1999]; Polar Histogram [Wilkinson 1999]; Clock-type Bar Graph [Dent 1999]; Circular Column Graph, Star Graph, Radial Column Graph [Harris 1999]; Wind Diagram; Rose Diagram

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum
- n Stäbe mit n Startwinkeln
- 1 konstanter Winkel
- 1 konstante Stabbreite
- 1 Gesamtwinkel
- 1 Distanz vom Stabanfang zum Zentrum (Offset)
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Stäbe sind um ein Zentrum angeordnet
- die Stäbe sind längenproportional zu den Datenwerten (Stabhöhe ist variabel)
- alle Stäbe haben den gleichen Winkel zueinander (Winkel=Gesamtwinkel/Anzahl Daten)
- die Gesamtsumme aller Winkel zwischen den Stäben beträgt meist 360 Grad, kann aber auch kleiner sein

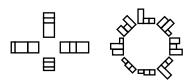
Hilfslinien/-konstruktionen: vom Zentrum ausgehende sternförmige Linien; 2 sich im Zentrum kreuzende Linien (90 Grad aufeinander stehend) mit Kreisen in regelmässigen Abständen (Radien) Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, stabweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Zeitdaten, richtungsabhängige Daten; Werte mit geringer Wertespanne

26. Unterteiltes Polares Stabdiagramm (Divided Polar Bar Chart)





aus [Atlas Finland 1960, Blatt 6.3]

Alternativnamen: Polares Gegliedertes Stabdiagramm [Imhof 1972]; Compound Wind Rose [Truran 1975]; Stacked Circular Column Graph [Harris 1999]; Unterteiltes Winddiagramm; Divided Wind Diagram

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum

- n Stäbe mit n Startwinkeln
- m Teilstäbe pro Stab
- n*m Teilstabhöhen
- 1 konstanter Winkel
- 1 konstante Stabbreite
- 1 Gesamtwinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)
- 1 Distanz vom Stabanfang zum Zentrum (Offset)
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- gestapelt/nebeneinander

Bedingungen:

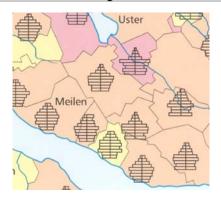
- alle Stäbe sind um ein Zentrum angeordnet
- alle Stäbe haben den gleichen Winkel zueinander
 - (Winkel=Gesamtwinkel | (Anzahl Daten | Anzahl Teilstäbe pro Stab))
- die Teilstäbe sind längenproportional zu den Teilwerten (Teilstabhöhe ist variabel)
- die Gesamtsumme aller Winkel zwischen den Stäben beträgt meist 360 Grad, kann aber auch kleiner sein
- Teilstäbe sind pro Stab entweder nebeneinander oder gestapelt übereinander angeordnet

Hilfslinien/-konstruktionen: vom Zentrum ausgehende sternförmige Linien; 2 sich im Zentrum kreuzende Linien (90 Grad aufeinander stehend) mit Kreisen in regelmässigen Abständen (Radien) Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Stäbe)

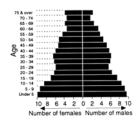
Farbzuweisung: diagrammweise, stabpositionsweise (z.B. innere Teilstäbe rot, äussere Teilstäbe blau), richtungs- bzw. stabweise, teilstabweise (jeder Teilstab anders)

Verwendung: nur positive Datenwerte; Zeitdaten, richtungsabhängige Daten; Werte mit geringer Wertespanne

27. Bipolares Stabdiagramm (Divergent Bar Chart)



aus [Bruderer et al. 1995]



aus [Harris 1999]



Alternativnamen: Alterspyramide [Imhof 1972, Schröder 1985]; Age and Sex Graph (Pyramid) [Truran 1975]; Bevölkerungspyramide [Schröder 1985, Hake/Grünreich 1994]; Age-Sex Pyramid [Harris 1999, Wilkinson 1999]; Dual Histogram, Population Pyramid [Wilkinson 1999, Harris 1999]; (Grouped) Paired Bar Graph [Harris 1999]; Mirror Chart [Bounford 2000]; Butterfly Chart [Bounford 2000]

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab, selten: Polylinie **Anordnungsprinzip:** polar (oder auf einer Linie nebeneinander (linear))

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Mitte unten
- 2 Gruppen mit n Stäben pro Gruppe
- 1 konstante Stabbreite
- 2*n Stabhöhen
- 1 konstante Distanz von der Mittellinie (Offset)
- 1 konstante Distanz zwischen den Stäben (Wertepaaren)
- 1 Rotationswinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Stäbe sind paarweise entlang einer Mittellinie angeordnet
- alle Stäbe einer Gruppe sind nebeneinander angeordnet
- die Stäbe sind längenproportional zu den Datenwerten (Stabhöhe ist variabel)

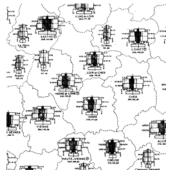
Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Mittellinie; Grundlinie; umgebendes Rechteck um beide Gruppen

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Stäbe)

Farbzuweisung: gruppenweise, wertepaarweise, stabweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; nur für Wertepaare; Werte mit geringer Wertespanne Bemerkung: kann auch als linear angeordnetes Stabdiagramm mit 2 Stabgruppen angesehen werden, bei dem die zweite Stabgruppe um 180 Grad rotiert ist; Sonderfall: die Stabspitzen werden mittels einer Polylinie miteinander verbunden (damit nur geringe Aussagen möglich, Einfärbung nur noch gruppenweise möglich, eher nicht verwenden)

28. Unterteiltes Bipolares Stabdiagramm (Divided Divergent Bar Chart)







aus [Bertin 1974]

Alternativnamen: Unterteilte Bevölkerungspyramide; Divided Population Pyramid; Stacked Paired

Bar Graph [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab, selten: Polylinie Anordnungsprinzip: polar (oder auf einer Linie nebeneinander (linear))

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Mitte unten
- 2 Gruppen mit n Stäben pro Gruppe
- 1 konstante Stabbreite
- m Teilstäbe pro Stab
- 2*n*m Teilstabhöhen
- 1 konstante Distanz von der Mittellinie (Offset)
- 1 konstante Distanz zwischen den Stäben (Wertepaaren)
- 1 Rotationswinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Stäbe sind paarweise entlang einer Mittellinie angeordnet
- alle Stäbe einer Gruppe sind nebeneinander angeordnet
- die Teilstäbe sind längenproportional zu den Datenwerten (Teilstabhöhe ist variabel)
- die Teilstäbe eines Stabes sind aufeinander gestapelt

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Mittellinie; Grundlinie; umgebendes Rechteck um beide Gruppen

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung/Position der Stäbe)

Farbzuweisung: gruppenweise, unterteilungs-/positionsweise, wertepaarweise, stabweise, teilstab-weise

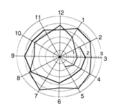
Verwendung: nur positive Datenwerte; nur für gerade Anzahl Wertepaare; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkung: kann auch als linear angeordnetes unterteiltes Stabdiagramm mit 2 Stabgruppen angesehen werden, bei dem die zweite Stabgruppe um 180 Grad rotiert ist; Sonderfall: die Stabspitzen werden mittels einer Linie miteinander verbunden (damit nur geringe Aussagen möglich, Einfärbung nur noch gruppen- bzw. unterteilungsweise möglich, eher nicht verwenden)

29. Polares Kurvendiagramm (Polar Line Chart)



9 8 7 6 5



aus [Slocum 2005]

aus [Harris 1999]

Alternativnamen: Ziffernblattdiagramm [Imhof 1972]; Einfaches Kurvendiagramm oder Kurvengruppendiagramm mit Polarkoordinaten [Imhof 1972]; Polares Kurvendiagramm [Arnberger 1977]; Richtungs- bzw. Tendenzdiagramm [Arnberger 1977]; Polardiagramm [Schröder 1985]; Polar Plot [Wilkinson 1999]; Radar Plot [Wilkinson 1999]; Radar Graph, Spider Graph, Star Graph, Circular Area Graph [Harris 1999]; Circular Line Graph [Harris 1999, Bounford 2000]; Spider Web [Wilkinson 1999]; Star Plot [Wilkinson 1999]; Spiraldiagramm; Polar Chart

Kartografische Primitive: Polylinie oder Kurve

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum

- n Radien und n Startwinkel

- 1 konstanter Winkel zwischen den Radien

- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Radien sind um ein Zentrum angeordnet

- alle Radien sind abhängig vom Startwinkel und haben den gleichen Winkel zueinander
- die Länge der Radien vom Zentrum ist längenproportional zum Datenwert
- die Gesamtsumme aller Winkel zwischen den Radien beträgt 360 Grad
- die vom Zentrum abgetragenen Radien sind bei kontinuierlichen Daten miteinander durch eine Kurve, bei diskreten Daten mit einer Polylinie verbunden
- in Karten wird der von der Linie umgrenzten Fläche üblicherweise eine Füllung gegeben

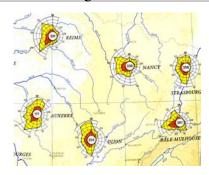
Hilfslinien/-konstruktionen: vom Zentrum ausgehende sternförmige Linien; in regelmässigen Abständen (Radien) Kreise (f. kontinuierliche Daten) oder regelmäss. Polygone (f. diskrete Daten) Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität)

Farbzuweisung: linienweise

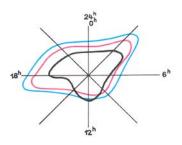
Verwendung: nur positive Datenwerte; Zeitdaten, richtungsabhängige Daten, kontinuierliche und diskrete Daten; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: die Fläche unter der Polylinie ist häufig gefüllt; mehrere Polylinien sind möglich, in Karten jedoch kaum erkennbar (überlagernde Füllungen), daher nur 1 Polylinie verwenden; im Spezialfall "Spirale" werden für jeden Datensatz die bisherigen Daten und der neue Datensatz summiert und vom Zentrum abgetragen (keine Füllung möglich, da kein geschlossenes Polygon)

30. Mehrteiliges Polares Kurvendiagramm (Multiple Polar Line Chart)



aus [Atlas climatique France 1969]



aus [Imhof 1972]

Alternativnamen: Ziffernblattdiagramm [Imhof 1972]; Einfaches Kurvendiagramm oder Kurvengruppendiagramm mit Polarkoordinaten [Imhof 1972]; Polares Kurvendiagramm [Arnberger 1977]; Richtungs- bzw. Tendenzdiagramm [Arnberger 1977]; Polardiagramm [Schröder 1985]; Polar Plot [Wilkinson 1999]; Radar Plot [Wilkinson 1999]; Radar Graph, Spider Graph, Star Graph, Circular Area Graph [Harris 1999]; Circular Line Graph [Harris 1999, Bounford 2000]; Spider Web [Wilkinson 1999]; Star Plot [Wilkinson 1999];

Kartografische Primitive: Polylinie oder Kurve

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum
- n Radien
- n Startwinkel
- m Gruppen
- 1 konstanter Winkel zwischen den Radien
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Radien sind um ein Zentrum angeordnet
- alle Radien sind abhängig vom Startwinkel und haben den gleichen Winkel zueinander
- die Länge der Radien vom Zentrum ist längenproportional zum Datenwert
- die Gesamtsumme aller Winkel zwischen den Radien beträgt 360 Grad
- die vom Zentrum abgetragenen Radien sind bei kontinuierlichen Daten miteinander durch eine Kurve, bei diskreten Daten mit einer Polylinie verbunden
- in Karten wird der von der Linie umgrenzten Fläche üblicherweise eine Füllung gegeben

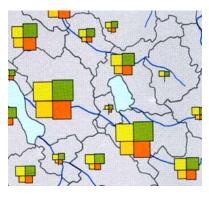
Hilfslinien/-konstruktionen: vom Zentrum ausgehende sternförmige Linien; in regelmässigen Abständen (Radien) Kreise (f. kontinuierliche Daten) oder regelmäss. Polygone (f. diskrete Daten) Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität)

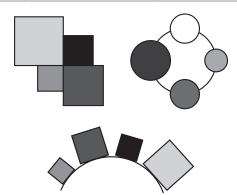
Farbzuweisung: linienweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Zeitdaten, richtungsabhängige Daten, kontinuierliche und diskrete Daten; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: die Fläche unter der Polylinie ist häufig gefüllt; mehrere Polylinien sind möglich, in Karten jedoch kaum erkennbar (überlagernde Füllungen), daher nur 1 Polylinie verwenden

31. Polares Flächendiagramm (Polar Area Chart)





aus [Meuret et al. 1990]

Alternativnamen: Gegliederte Quadratflächen in Quadrantenanordnung [Imhof 1972]; Gegen-

übergestelltes bzw. Gekoppeltes Flächendiagramm [Arnberger 1977] Kartografische Primitive: Kreis oder beliebiges regelmässiges Polygon

Anordnungsprinzip: polar

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum
- n Flächen
- n Radien
- n Startwinkel
- 1 konstanter Winkel
- m Polygonecken
- 1 Gesamtwinkel
- 1 Distanz vom Formrand zum Diagrammzentrum (Offset)
- 1 Rotationswinkel des gesamten Diagramms um Zentrum
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Flächen sind um ein Zentrum angeordnet
- alle Flächen haben den gleichen Winkel zueinander
 - (Winkel=Gesamtwinkel | Anzahl Daten)
- die Flächen sind flächenproportional zu den Datenwerten (Radius ist variabel)
- die Gesamtsumme aller Winkel zwischen den Flächen beträgt meist 360 Grad, kann aber auch kleiner sein
- die Flächen dürfen sich nicht überlappen

Hilfslinien/-konstruktionen: 2 sich im Zentrum kreuzende Linien (90 Grad aufeinander stehend); je nach Anzahl der Flächen sternförmig vom Zentrum ausgehende Linien

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, flächenweise

Verwendung: nur positive Datenwerte; Zeitdaten, richtungsabhängige Daten; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: üblicherweise wird dieses Diagramm nur für 4 Datensätze genutzt, die mittels 4 Quadraten visualisiert werden, um ein kompaktes Diagramm zu erreichen

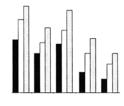
32. Stabdiagramm (Bar Chart)



aus [Harris 1999]



aus [Harris 1999]



aus [Harris 1999]

Alternativnamen: (Einfaches oder Gruppiertes) Stabdiagramm [Witt 1967, Imhof 1972, Schröder 1985, Hake/Grünreich 1994, Neumann 1997]; Säulendiagramm [Imhof 1972, Neumann 1997]; Simple oder Group Bar Graph [Truran 1975, Dent 1999]; Säulendarstellung [Arnberger 1977]; Bar Diagram [Neumann 1997]; Column Diagram [Neumann 1997]; Histogram oder (Clustered) Barchart [Wilkinson 1999]; (Overlapped) (Grouped) Bar Graph, (Grouped) Column Graph [Harris 1999]; Bar Chart [Harris 1999, Bounford 2000]

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Mitte unten
- m Gruppen
- n Stäbe pro Gruppe
- 1 konstante Stabbreite
- m*n Stabhöhen
- 1 konstante Distanz zwischen den Stäben
- 1 konstante Distanz zwischen den Gruppen
- 1 Rotationswinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Stäbe sind nebeneinander angeordnet und beginnen an einer Grundlinie
- die Stäbe sind längenproportional zu den Datenwerten (Stabhöhe ist variabel)

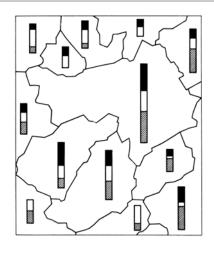
Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Grundlinie

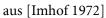
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung)

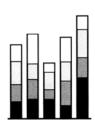
Farbzuweisung: diagrammweise, gruppenweise, stabweise, positiv-/negativweise

Verwendung: für positive und negative Werte; Werte mit geringer Wertespanne

33. Unterteiltes Stabdiagramm (Divided Bar Chart)







aus [Hake et al. 2002]

Alternativnamen: Mehrteiliges oder Gegliedertes Stabdiagramm [Imhof 1972]; Compound Bar Graph [Truran 1975, Dent 1999]; Unterteilte Säulendarstellung [Arnberger 1977]; Stab- oder Säulendiagramm [Hake/Grünreich 1994]; Divided or Stacked Bar [Wilkinson 1999]; Stacked Column Graph, Stacked Bar Graph, Composite Bar Graph, Divided Bar Graph, Segmented Bar Graph, Composite Column Graph [Harris 1999]; Split or Stacked Bar Chart [Bounford 2000]

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab

Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Mitte unten
- m Gruppen
- n Stäbe pro Gruppe
- o Teilstäbe
- 1 konstante Stabbreite
- m*n*o Teilstabhöhen
- 1 konstante Distanz zwischen den Stäben
- 1 konstante Distanz zwischen den Gruppen
- 1 Rotationswinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Stäbe sind nebeneinander angeordnet und beginnen an einer Grundlinie
- die Teilstäbe sind längenproportional zu den Datenwerten (Teilstabhöhe ist variabel)
- die Teilstäbe eines Stabes sind aufeinander gestapelt

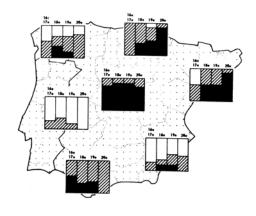
Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Grundlinie

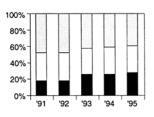
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung) Farbzuweisung: diagrammweise, gruppenweise, stabweise, unterteilungs-/positionsweise, positiv-/negativweise, teilstabweise

Verwendung: für positive und negative Werte; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: Sonderfall: 1 Gruppe, 1 Stab, o Unterteilungen pro Stab

34. Prozentual Unterteiltes Stabdiagramm (Prop. Divided Bar Chart)





aus [Harris 1999]

aus [Bertin 1974]

Alternativnamen: 100% Stacked Column Graph, 100 % Stacked Bar Graph [Harris 1999]; Stacked

Bars

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Mitte unten
- m Gruppen
- n Stäbe pro Gruppe
- o Unterteilungen pro Stab
- 1 konstante Stabbreite
- 1 konstante Stabhöhe
- m*n*o Teilstabhöhen
- 1 konstante Distanz zwischen den Stäben
- 1 konstante Distanz zwischen den Gruppen
- 1 Rotationswinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Stäbe sind nebeneinander angeordnet und beginnen an einer Grundlinie
- die Teilstäbe sind längenproportional zu den Datenwerten (Teilstabhöhe ist variabel, die Gesamtstabhöhe ist fix)
- die Teilstäbe eines Stabes sind aufeinander gestapelt

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Grundlinie

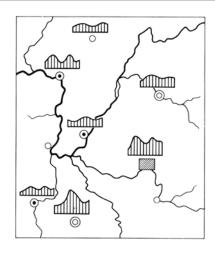
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung)

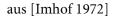
Farbzuweisung: diagrammweise, gruppenweise, stabweise, unterteilungs-/positionsweise, teilstabweise

Verwendung: positive Prozentwerte, die zusammen 100 % ergeben; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: Sonderfall: 1 Gruppe, 1 Stab, o Unterteilungen pro Stab

35. Kurvendiagramm (Line Chart)







aus [Harris 1999]



aus [Harris 1999]

Alternativnamen: (Einfaches) Kurvendiagramm [Imhof 1972, Arnberger 1977, Schröder 1985, Hake/Grünreich 1994, Neumann 1997]; (Simple) Line Graph [Truran 1975, Dent 1999, Harris 1999, Bounford 2000]; Curve Chart [White 1984]; Graph [Neumann 1997]; Line Plot [Wilkinson 1999]; Line Graph [Harris 1999]; Area Graph (wenn gefüllt) [Harris 1999]; Surface Chart

Kartografische Primitive: Polylinie oder Kurve

Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten
- m Gruppen
- n Höhen pro Gruppe
- 1 konstante Distanz zwischen den Gruppen
- 1 konstante Distanz zwischen den Höhen
- 1 Rotationswinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Höhen sind nebeneinander angeordnet und beginnen an einer Grundlinie
- alle Höhen sind längenproportional zu den Datenwerten
- die Distanz zwischen den Höhen ist konstant

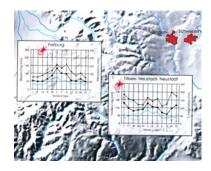
Hilfslinien/-konstruktionen: keine (bei Füllung des Linienzwischenraumes); Grundlinie; Hintergrundrechteck (gebildet aus Maximal- und Minimalwert aller Werte sowie konstanter Breite)

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); bei gefüllter Linie: auch Muster (Qualität)

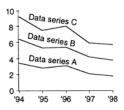
Farbzuweisung: diagrammweise, gruppenweise, positiv-/negativweise

Verwendung: für positive und negative kontinuierliche Werte; Werte mit geringer Wertespanne Bemerkungen: in Karten ist bei Kurvendiagrammen häufig die Fläche unter der Polylinie bzw. Kurve gefüllt, alternativ wird ein Hintergrundrechteck als Hilfskonstruktion verwendet

36. Mehrteiliges Kurvendiagramm (Multiple Line Chart)



aus [Klimaatlas Oberrhein 1995]



aus [Harris 1999]

Alternativnamen: Mehrgliedriges Kurvendiagramm [Imhof 1972]; Group (comparative) Line Graph [Truran 1975]; Kurvendiagramm [Schröder 1985]; Compound Line Graph [Dent 1999]; Grouped Line Graph [Harris 1999]; Grouped Area Graph (wenn gefüllt) [Harris 1999]; Accumulated Line Chart [Bounford 2000]; Multiple Line Graph [Bounford 2000];

Kartografische Primitive: Polylinie oder Kurve

Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten

- m Gruppen

- n Höhen pro Gruppe

o Teilhöhen pro Höhe

- 1 konstante Distanz zwischen den Gruppen sowie 1 konstante Distanz zwischen den Höhen

- 1 Rotationswinkel

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Höhen sind nebeneinander angeordnet
- alle Teilhöhen werden von der Grundlinie abgetragen
- alle Teilhöhen sind längenproportional zu den Datenwerten
- beide Diagrammachsen weisen eine Proportionalität auf (auf der wertunabhängigen Achse ist die Distanz zwischen den Höhen konstant)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine (bei Füllung des Zwischenraumes zwischen Kurve und Grundlinie); Grundlinie; Hintergrundrechteck (gebildet aus Maximal- und Minimalwert aller Werte sowie konstanter Breite)

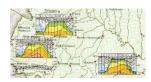
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton (Qualität); bei gefüllten Kurven: Transparenz (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, gruppenweise, positiv-/negativweise, unterteilungs-/positionsweise

Verwendung: für positive und negative Werte; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: in Karten ist bei mehrteiligen Kurvendiagrammen häufig die Fläche unter der Polylinie bzw. Kurve gefüllt, alternativ wird ein Hintergrundrechteck als Hilfskonstruktion verwendet; bei Nutzung einer Füllung muss die Transparenz verwendet werden, da sonst die Differenz zur nächsttieferen Kurve abgelesen werden würde

37. Unterteiltes Kurvendiagramm (Divided Line Chart)



aus [Ryazanov / Tikunov 1999]



aus [Harris 1999]

Alternativnamen: Banddiagramm [Witt 1967, Schröder 1985]; Compound Line Graph [Truran 1975]; Divided Surface Chart [White 1984]; Stacked Area Chart [Wilkinson 1999]; Divided Area Graph, Stacked Area Graph [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Polylinie oder Kurve

Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten
- m Gruppen
- n Höhen pro Gruppe
- o Teilhöhen pro Höhe
- 1 konstante Distanz zwischen den Gruppen
- 1 konstante Distanz zwischen den Höhen
- 1 Rotationswinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Höhen sind nebeneinander angeordnet
- alle Teilhöhen werden von der vorhergehenden Kurve abgetragen (gestapelt)
- alle Teilhöhen sind längenproportional zu den Datenwerten
- beide Diagrammachsen weisen eine Proportionalität auf (auf der wertunabhängigen Achse ist die Distanz zwischen den Höhen konstant)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Hintergrundrechteck (gebildet aus Maximal- und Minimalwert aller Werte sowie konstanter Breite)

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, gruppenweise, positiv-/negativweise, unterteilungs-/positionsweise

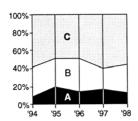
Verwendung: für positive und negative Werte; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: die Flächen zwischen den Kurven müssen gefüllt werden, da sonst nicht klar ist, von wo der Wert abgetragen ist (Grundlinie oder vorhergehende Kurve)

38. Prozentual Unterteiltes Kurvendiagramm (Prop. Divided Line Chart)



aus [Harris 1999]



aus [Harris 1999]

Alternativnamen: 100% Stacked Area Graph [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Polylinie oder Kurve

Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum oder Mitte unten

- n Höhen

- o Teilhöhen pro Höhe

- 1 konstante Distanz zwischen den Höhen

gestapelt

- 1 Rotationswinkel

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Höhen sind nebeneinander angeordnet

- alle Teilhöhen müssen von der vorhergehenden Linie abgetragen werden

- alle Teilhöhen sind längenproportional zu den Datenwerten

- die Höhen sind längenproportional zur Teilwertesumme und immer konstant

 beide Diagrammachsen weisen eine Proportionalität auf (auf der wertunabhängigen Achse ist die Distanz zwischen den Höhen konstant)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

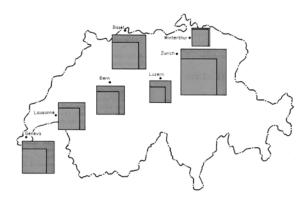
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität);

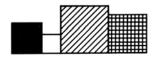
Farbzuweisung: diagrammweise, unterteilungs-/positionsweise

Verwendung: positive Prozentwerte, die zusammen 100 % ergeben; Werte mit geringer Wertespan-

Bemerkungen: -

39. Flächendiagramm (Area Chart)





aus [Imhof 1972]

aus [Truran 1975]

Alternativnamen: Gegliederte Quadrat- oder Dreiecksflächen [Imhof 1972]; Simple Divided Rectangle [Truran 1975]; Flächendiagramm [Arberger 1977]; Area Chart [Harris 1999, Bounford 2000]

Kartografische Primitive: regelmässiges Polygon oder Kreis Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten
- m Gruppen
- n Polygone oder Kreise pro Gruppe
- n Radien
- 1 konstante Anzahl Ecken (nur für Polygone)
- 1 konstanter Rotationswinkel (für jedes Polygon)
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn; für jedes Polygon)
- 1 konstante Distanz zwischen den Polygonen (Normalfall: 0)
- 1 Rotationswinkel (für gesamtes Diagramm)
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn; für gesamtes Diagramm)

Bedingungen:

- alle Polygone sind nebeneinander angeordnet und stehen auf einer Grundlinie
- die Polygone sind flächenproportional zu den Datenwerten (Radius ist variabel)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Grundlinie

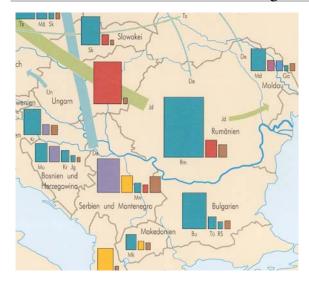
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung)

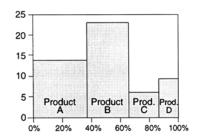
Farbzuweisung: diagrammweise, gruppenweise, polygonweise, positiv-/negativweise

Verwendung: für positive und negative Datenwerte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: Sonderfälle des Diagramms: Primitiven innerhalb Diagramm zentriert, links unten oder Mitte unten angeordnet (durch Rotationswinkel auch rechts oben usw. möglich); meist Quadrate mit einem fixen Weiten-Höhen-Verhältnis genutzt

40. Rechteckflächen-Diagramm (Rectangular Area Chart)





aus [Harris 1999]

aus [Kamphues 1995]

Alternativnamen: Area Column Graph, Area Bar Graph [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten

- m Gruppen

n Rechtecke pro Gruppe

n Weiten

n Höhen

- 1 konstante Distanz zwischen den Rechtecken (Normalfall: 0)

- 1 Rotationswinkel

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Rechtecke sind nebeneinander angeordnet und stehen auf einer Grundlinie

 die Rechtecke sind flächenproportional zu den Datenwerten (Höhe oder Weite oder beide sind variabel oder beide variabel in einem bestimmten Verhältnis)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Grundlinie

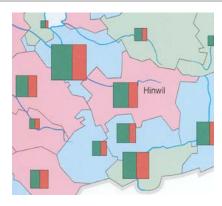
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: diagrammweise, gruppenweise, rechteckweise, positiv-/negativweise

Verwendung: für positive und negative Datenwerte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: meist Rechtecke mit einem fixen Weiten-Höhen-Verhältnis genutzt

41. Unterteiltes Flächendiagramm (Divided Area Chart)





aus [Imhof 1972]

aus [Cherchi et al. 1995]

Alternativnamen: Gestreifte Quadratflächen [Imhof 1972]; Unterteiltes Flächendiagramm [Arnberger 1977]; Untergliedertes Flächendiagramm [Schröder 1985]; Split Area Chart [Bounford 2000]; Nested Areas; Stacked Areas

Kartografische Primitive: Rechteck/Balken/Säule/Stab Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: flächenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum

- 1 Rechteck
- n Teilrechtecke
- n Weiten
- n Höhen
- 1 Rotationswinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

- alle Teilrechtecke sind gestapelt übereinander angeordnet (oder mit gleicher Höhe nebeneinander und dann um 90 Grad rotiert)
- das Gesamtrechteck ist flächenproportional zur Wertesumme (Gesamthöhe oder Gesamtweite oder beide variabel in einem fixen Verhältnis)
- die Teilrechtecke sind flächenproportional zu den Datenwerten (Höhe oder Weite sind variabel; abhängig von Variabilität der Gesamthöhe bzw. Gesamtweite)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung)

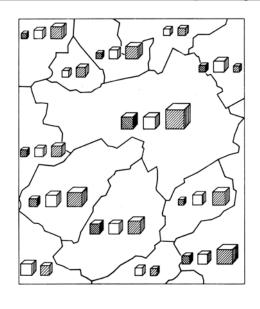
Farbzuweisung: diagrammweise, teilrechteckweise

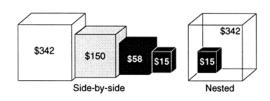
Verwendung: für positive Datenwerte; Werte mit mittlerer bis grosser Wertespanne

Bemerkungen: Sonderfälle: Gesamtweite und -höhe können gleich sein (Quadrat); Teilrechtecke

werden beliebig in Gesamtrechteck angeordnet (nicht üblich, da schlecht vergleichbar)

42. Körperdiagramm (Volume Chart)





aus [Harris 1999]

aus [Imhof 1972]

Alternativnamen: Körperdiagramm [Arnberger 1977]; Würfeldiagramm [Neumann 1997]; Kugeldiagramm [Neumann 1997]; Cube Diagram [Neumann 1997]; Spherical Diagram [Neumann 1997]; Proportional Volume Chart [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Kugel, Würfel oder Pyramide Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: volumenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum oder Mitte unten
- m Gruppen
- n 3D-Primitiven
- n Radien bzw. Seitenlängen
- 1 konstante Distanz zwischen den 3D-Formen

Bedingungen:

- alle 3D-Primitiven sind nebeneinander angeordnet und stehen auf einer Grundfläche
- die 3D-Primitiven sind volumenproportional zu den Datenwerten (Radius bzw. Seitenlänge ist variabel)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; Grundfläche

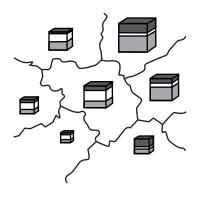
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: diagrammweise, gruppenweise, 3D-primitivenweise

Verwendung: für positive und negative Datenwerte mit sehr grosser Wertespanne

Bemerkungen: -

43. Unterteiltes Körperdiagramm (Divided Volume Chart)





aus [Hake et al. 2002]







aus [Arnberger 1977]

Alternativnamen: Unterteiltes Körperdiagramm [Arnberger 1977]; Körperdiagramm [Hake/Grün-

reich 1994]; Quaderdiagramm [Hake/Grünreich 1994]; Volume Chart [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Kugelsektor oder Quader

Anordnungsprinzip: auf einer Linie nebeneinander (linear)

Proportionalität: volumenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrumn 3D-Primitiven
- n Radien bzw. Seitenlängen

Bedingungen:

- alle 3D-Teilprimitiven sind gestapelt übereinander angeordnet
- die 3D-Primitive ist volumenproportional zur Wertesumme (Gesamthöhe oder Gesamthöhe, -weite, -tiefe variabel in einem fixen Verhältnis)
- die 3D-Teilprimitiven sind volumenproportional zu den Datenwerten (Variabilität abhängig von Gesamthöhe, -weite bzw. -tiefe)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

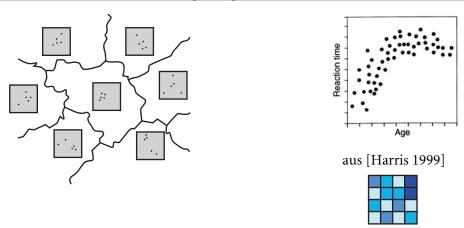
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: diagrammweise, teilprimitivenweise

Verwendung: für positive Datenwerte mit sehr grosser Wertespanne

Bemerkungen: -

44. Punktstreuungsdiagramm (Dot Scatter Chart)



klassifiziert, siehe [Andrienko/Andrienko 2006]

Alternativnamen: Streuungsdiagramm [Witt 1967]; Dispersion Graph [Truran 1975]; Dot Chart [White 1984]; Punktdiagramm [Schröder 1985]; Scatter Graph [Tyner 1992, Harris 1999, Bounford 2000]; Scatter Plot [Dent 1999]; Scatterplot [Wilkinson 1999]; klassifiziert: Tabellendiagramm [Schröder 1985], Two Variable Histogram [Wilkinson 1999]; Correlation Graph, Dot Graph [Harris 1999]

Kartografische Primitive: Punkt

Anordnungsprinzip: senkrecht aufeinander (perpendicular)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

Position Gesamtdiagramm: Zentrum

- 1 Punktradius

- 1 Punktposition X
- 1 Punktposition Y

Bedingungen:

- alle Punktpositionen sind im rechtwinkligen Koordinatensystem durch ihre Distanz X von der Y-Achse und ihre Distanz Y von der X-Achse bestimmt
- die Distanzen X und Y (Achsenabschnitte, Punktposition) sind l\u00e4ngenproportional zu den Datenwerten

Hilfslinien/-konstruktionen: Hintergrundrechteck (gleich gross für alle Koordinatenpunkte der Karte; entsteht aus Maximalwerten + Puffer); bei negativen Werten: Koordinatenkreuz mit Mittelbzw. Schnittpunkt bei (0,0)

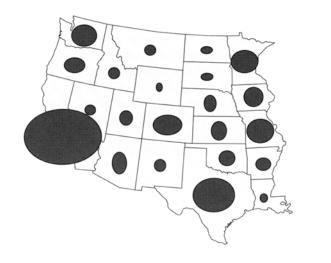
Grafische Variablen: Grösse/Anzahl (Quantität); selten: Farbton (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, punktweise, positiv-/negativweise

Verwendung: Darstellung von Wertepaaren; positive und negative Datenwerte; für Erkennung von Verteilungen/Häufungen; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: bei zu kleinen Punkten und bei Häufung von Punkten sind einzelne Punkte kaum lesbar; Beispiel: Europakarte im A4-Format, jedes Land erhält ein Diagramm, dessen Punkte Niederschlag und Abfluss pro Kanton/Bundesland charakterisieren (1 geografische Dimension entfällt); kann nach Anzahl der Punkte in einer bestimmten Region des Diagramms klassifiziert und eingefärbt werden

45. Ellipsendiagramm (Ellipse Chart)





aus [MacEachren 1995]

Alternativnamen: -

Kartografische Primitive: Ellipse

Anordnungsprinzip: senkrecht aufeinander (perpendicular)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

Position: Zentrum

- 1 X-Radius
- 1 Y-Radius
- 1 Rotationswinkel
- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

die Ellipsenachsen sind längenproportional zu den 2 Datenwerten (die 2 Radien sind variabel)

(DurchmesserX = 2*RadiusX = Datenwert1; DurchmesserY = 2*RadiusY = Datenwert2)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine; senkrecht aufeinanderstehende, sich im Zentrum schneidende Linien (genau bis zum Rand gehend)

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität)

Farbzuweisung: signaturweise

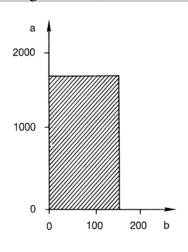
Verwendung: Darstellung von 2 abhängigen Zahlenwerten; nur positive Datenwerte; nur für Wertepaare; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: kann recht gross werden, da längenproportionale Durchmesser; sowohl das Verhältnis der Radien als auch die Fläche haben eine Aussage

46. Rechteckdiagramm (Rectangle Chart)



aus [Slocum 2005]



aus [Imhof 1972]

Alternativnamen: Rechteck mit 3 Aussagen [Imhof 1972]; Korrelationsfigur [Witt 1967, Arnberger 1977, Schröder 1985]; Rechteckdiagramm [Schröder 1985, Hake/Grünreich 1994]; Klaiberdiagramm

Kartografische Primitive: Rechteck

Anordnungsprinzip: senkrecht aufeinander (perpendicular)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum

- 1 Weite

- 1 Höhe

- 1 Rotationswinkel

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

die Seiten des Rechtecks sind l\u00e4ngenproportional zu den 2 Datenwerten (die 2 Seitenl\u00e4ngen sind variabel) (Weite = Datenwert1; H\u00f6he = Datenwert2)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

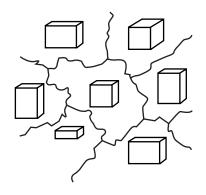
Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität)

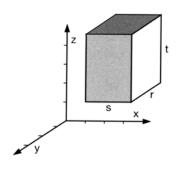
Farbzuweisung: signaturweise

Verwendung: Darstellung von 2 abhängigen Zahlenwerten; nur positive Datenwerte; nur für Wertepaare; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: kann recht gross werden, da längenproportionale Seitenlängen; sowohl das Verhältnis der Seitenlängen als auch die Fläche haben eine Aussage

47. Quaderdiagramm (Cuboid Chart)





aus [Hake et al. 2002]

Alternativnamen: Quaderdiagramm [Hake/Grünreich 1994; Neumann 1997]; Pillar Diagram

[Neumann 1997]

Kartografische Primitive: Quader

Anordnungsprinzip: senkrecht aufeinander (perpendicular)

Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position: Zentrum

- 1 Weite

- 1 Höhe

- 1 Tiefe

- 1 Rotationswinkel

- 1 Drehsinn (im / gegen Uhrzeigersinn)

Bedingungen:

 die Seiten des Quaders sind längenproportional zu den 3 Datenwerten (die 3 Seitenlängen sind variabel) (Weite = Datenwert1; Höhe = Datenwert2; Tiefe = Datenwert3)

Hilfslinien/-konstruktionen: keine

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität)

Farbzuweisung: signaturweise

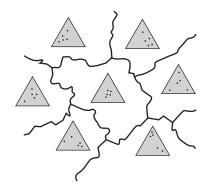
Verwendung: Darstellung von 3 abhängigen Zahlenwerten; nur positive Datenwerte; nur für Wer-

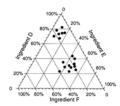
tetripel; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: kann recht gross werden, da längenproportionale Seitenlängen; sowohl das Verhält-

nis der Seitenlängen als auch das Volumen haben eine Aussage

48. Dreieckskoordinatendiagramm (Triangular Chart)





aus [Harris 1999]



klassifiziert

Alternativnamen: Dreieckskoordinatendiagramm [Witt 1967, Neumann 1997]; Gleichseitiges Dreieck mit Relativkomponenten [Imhof 1972]; Dreiecksdiagramm [Arnberger 1977, Schröder 1985, Hake/Grünreich 1994]; Dot Chart [White 1984]; Triangular Graph [Tyner 1992, Neumann 1997]; Trilinear Graph [Dent 1999, Harris 1999]; Triangular Coordinates Plot [Wilkinson 1999];

Kartografische Primitive: Punkt

Anordnungsprinzip: dreieckig (triangular)
Proportionalität: längenproportional

Geometrische Variablen:

- Position Gesamtdiagramm: Zentrum
- 1 Punktradius
- 1 Punktposition X und 1 Punktposition Y

Bedingungen:

- alle Diagrammachsen stehen im Winkel von 60 Grad aufeinander und bilden ein gleichseitiges Dreieck
- alle Punktpositionen sind durch ihre 3 Distanzen auf der jeweiligen Diagrammachse bestimmt
- die Distanzen (Achsenabschnitte, Punktposition) sind l\u00e4ngenproportional zu den Datenwerten
- geg.: val1, val2, val3, maxVal (Hintergrunddreieck); Eckpunkt P1: x1=maxVal/2 $y1=-\sqrt{3}/6*maxVal$; Datenpunkt P: x=x1+val1+val2/2 , $y=y1+\sqrt{3}/2*val2$

Hilfslinien/-konstruktionen: Hintergrunddreieck (gleich gross für alle Koordinatenpunkte der Karte; entsteht aus Maximalwerten + Puffer); optional Hilfslinien parallel zu den 3 Kanten des Hintergrunddreiecks

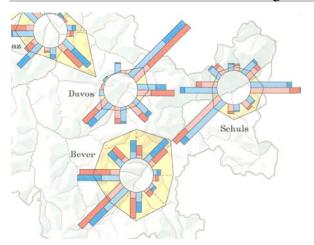
Grafische Variablen: Grösse/Anzahl (Quantität); Farbton (Qualität)

Farbzuweisung: diagrammweise, punktweise

Verwendung: Darstellung von Wertetripeln; nur positive Datenwerte; für Erkennung von Verteilungen/Häufungen; Werte mit geringer Wertespanne

Bemerkungen: bei zu kleinen Punkten und bei Häufung von Punkten kaum lesbar; Hilfsdreiecke können proportional zur Anzahl beinhalteter Punkte eingefärbt werden; Beispiel: Europakarte im A4-Format, jedes Land erhält ein Diagramm, dessen Punkte die Bodenzusammensetzung (3 Böden) pro Kanton/Bundesland charakterisieren (1 geografische Dimension entfällt)

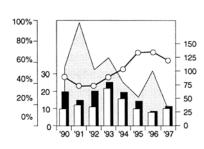
49. Kombinierte Diagramme (Combined Charts)



aus [Atlas der Schweiz 1965]



aus [Hake et al. 2002]



aus [Harris 1999]

Alternativnamen: Komplexe Diagramme [Imhof 1972]; Combination Graph [Harris 1999]; Com-

bined Charts [Bounford 2000] Kartografische Primitive: alle Anordnungsprinzip: alle

Proportionalität: unterschiedlich

Geometrische Variablen:

- siehe einzelne Diagramme

Bedingungen:

sehr komplex und daher evtl. schlecht interpretierbar

Hilfslinien/-konstruktionen: unterschiedlich (meist keine)

Grafische Variablen: Grösse (Quantität); Farbton oder Muster (Qualität); zum Teil Farbwert (Ordnung)

Farbzuweisung: unterschiedlich

Verwendung: -

Bemerkungen: üblicherweise immer Kombinationen aus Diagrammen mit dem gleichen Anordnungsprinzip