

Stephanie Geiger

Untersuchungen zur Struktur und Funktion  
taktiler kartographischer Medien  
und ihren Wechselwirkungen

2007

**Untersuchungen zur Struktur und Funktion**  
**taktiler kartographischer Medien**  
**und ihren Wechselwirkungen**

Dissertation  
zur  
Erlangung des akademischen Grades  
Doktoringenieur (Dr.-Ing.)

der  
Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften  
der Technischen Universität Dresden

vorgelegt von  
Stephanie Geiger  
geb. am 10.05. 1974

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil Wolf Günther Koch  
Prof. Dr. phil. habil. Manfred F. Buchroithner  
Prof. Dr. Frank Dickmann

Tag der Einreichung: 03.12. 2007  
Tag der Verteidigung: 07.02.2008

**A) INHALTSVERZEICHNIS**

A) Inhaltsverzeichnis.....	1
B) Abbildungsverzeichnis.....	3
C) Tabellenverzeichnis.....	6
E) Abkürzungsverzeichnis.....	7
<b>1 EINLEITUNG, PROBLEMSTELLUNG UND STRUKTUR DER ARBEIT .....</b>	<b>8</b>
1.1 Problemstellung.....	8
1.2 Aufbau und Struktur der Arbeit.....	10
<b>2 TAKTILE KARTOGRAPHISCHE MEDIEN ALS SPEZIELLER MEDIENBEREICH DER KARTOGRAPHIE.....</b>	<b>12</b>
2.1 Der Begriff Medien .....	13
2.1.1 Allgemeiner Medienbegriff.....	13
2.1.2 (Taktile) kartographische Medien .....	15
2.2 Taktile kartographische Medien und ihre Taxonomie .....	17
2.2.1 Klassifikation vs. Taxonomie .....	18
2.2.2 Aufstellung einer Taxonomie für taktile kartographische Medien .....	19
<b>3 ANALYSE ZUM INTERNATIONALEN FORSCHUNGSSTAND AUF DEM GEBIET TAKTLER KARTOGRAPHISCHER MEDIEN.....</b>	<b>26</b>
3.1 Analyse zum Entwicklungsstand traditioneller taktiler kartographischer Medien .....	26
3.1.1 Die "Commission on Maps and Graphics for Blind and Visually-Impaired People" .....	31
3.2 Analyse zum Entwicklungsstand der neuen taktilen kartographischen Medien .....	32
<b>4 DIE FUNKTION TAKTLER KARTOGRAPHISCHER MEDIEN .....</b>	<b>47</b>
4.1 Allgemeiner Funktionsbegriff und der Funktionsbegriff in der Kartographie .....	47
4.2 Die Funktionen taktiler kartographischer Medien.....	51
4.2.1 Die Kommunikationsfunktion .....	55
4.2.2 Die Erkenntnisfunktion .....	59
4.2.3 Die Orientierungsfunktion .....	60
4.2.4 Die Sozialisationsfunktion .....	61
<b>5 DIE STRUKTUR TAKTLER KARTOGRAPHISCHER MEDIEN UND IHRE MERKMALE .....</b>	<b>63</b>
5.1 Allgemeiner Strukturbegriff und der Strukturbegriff in der Kartographie ....	63
5.2 Die Struktur taktiler kartographischer Medien .....	66
5.2.1 Struktur und Kartosemiotik .....	68
5.2.1.1 Der Ansatz von CHARLES WILLIAM MORRIS .....	70

<b>5.3</b>	<b>Beschreibung und Analyse der Strukturelemente taktiler kartographischer Medien .....</b>	<b>71</b>
5.3.1	Analyse der Strukturelemente im Medienaspekt Hardware und Software.....	71
5.3.2	Analyse der Strukturelemente im Medienaspekt Symbolsystem .....	75
5.3.2.1	Graphische Gestaltung.....	76
5.3.2.1.1	Syntaktische Dimensionen der graphischen Gestaltung.....	77
5.3.2.1.2	Syntaktisch-Semantische Dimensionen der graphischen Gestaltung .....	80
5.3.2.1.3	Semantische Dimensionen der graphischen Gestaltung.....	89
5.3.2.2	Komplexität .....	106
5.3.2.3	Kartographische Abstraktion.....	107
5.3.2.4	Maßstab .....	110
5.3.2.5	Kartenblattgestaltung .....	112
5.3.2.6	Zusätzliche Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien im Symbolsystem .....	115
<b>6</b>	<b>WECHSELWIRKUNG VON STRUKTUR UND FUNKTION TAKTILER KARTOGRAPHISCHER MEDIEN.....</b>	<b>124</b>
<b>6.1</b>	<b>Die Determinanten von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien .....</b>	<b>124</b>
6.1.1	Die Determinanten der Struktur taktiler kartographischer Medien .....	125
6.1.2	Die Determinanten der Funktion taktiler kartographischer Medien.....	126
<b>6.2</b>	<b>Der taktile kartographische Modellierungsprozess und seine Komponenten.....</b>	<b>134</b>
<b>6.3</b>	<b>Die konkreten Wechselwirkungen von Struktur und Funktion.....</b>	<b>136</b>
6.3.1	Die Beeinflussung der Struktur durch die varianten Funktionen .....	141
6.3.2	Die Beeinflussung invarianter Funktionen durch die Struktur.....	151
<b>6.4</b>	<b>Versuchsdurchführungen und Versuchsauswertungen.....</b>	<b>159</b>
6.4.1	Ziel der Befragung .....	159
6.4.2	Aufbau des Fragebogens.....	159
6.4.3	Vorbereitung der Umfrage - Kontaktaufnahme .....	164
6.4.4	Versuchspersonen .....	164
6.4.5	Durchführung der empirischen Untersuchung.....	164
6.4.6	Auswertung der Fragebögen.....	165
6.4.6.1	Leistungen .....	165
6.4.6.2	Nutzung von Schreibtechniken.....	169
6.4.6.3	Erfahrungen mit taktilen kartographischen Medien .....	169
6.4.6.4	Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit.....	172
6.4.6.5	Interessen .....	175
6.4.6.6	Emotionen .....	176
6.4.7	Ausblick zu fortführenden empirischen Untersuchungen .....	178
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE UND AUSBLICKE .....</b>	<b>181</b>
<b>7.1</b>	<b>Zusammenfassung der theoretischen Untersuchungsergebnisse .....</b>	<b>181</b>
<b>7.2</b>	<b>Ausblicke zur empirischen Forschung .....</b>	<b>184</b>
<b>8</b>	<b>REGISTER/SACHWORTVERZEICHNIS .....</b>	<b>185</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>188</b>
	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>198</b>

**B) ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abb. 2.1-1: Allgemeine Medienklassifikation.....	13
Abb. 2.2.2-1: Klassifikationsmerkmale taktiler Karten (KOCH 1997).....	19
Abb. 2.2.2-2: Klassifikationsmerkmale taktiler kartographischer Medien .....	20
Abb. 2.2.2-3: Klassifikation nach der Gebrauchsform .....	21
Abb. 2.2.2-4: Grundgerüst der Taxonomie für taktile kartographische Medien .....	21
Abb. 2.2.2-5: Zuordnung der Merkmalsgruppen taktiler kartographischer Medien .....	22
Abb. 3.2-1: Zeitliche Entwicklung der neuen taktilen kartographischen Medien.....	33
Abb. 3.2-2: Das taktile Display vom "National Institute of Standards and Technology" (NIST), USA .....	33
Abb. 3.2-3: Das virtuelle taktile Display See <sub>by</sub> Touch von Rieger (2002) .....	35
Abb. 3.2-4: Das virtuelle taktile Display VTPlayer™ von VIRT TOUCH (2003) .....	35
Abb. 3.2-5: Das audio-taktile Dialogsystem AUDIO TOUCH (nach HEIDIG 1997) .....	35
Abb. 3.2-6: Karte in Atlas Speaks mit ausgewählter Strecke (LAPIERRE 1998).....	36
Abb. 3.2-7: Aktormatrix mit 10x10 Elementen (Universität Darmstadt).....	37
Abb. 3.2-8: TIM (ABTIM & Universität Wuppertal).....	39
Abb. 3.2-9: Trecker™ (VisuAide) .....	44
Abb. 3.2-10: Echoortung (KISH 2003) .....	45
Abb. 4.1-1: Gliederung der Funktionen kartographischen Darstellungsformen nach PÁPAY (1973), leicht verändert .....	49
Abb. 4.1-2: Gliederung der Kartenfunktionen, erstellt nach den Ausführungen von FREITAG (1993), in Anlehnung an PÁPAY (1973).....	50
Abb. 4.2-1: Neue Gliederung der Funktionen visueller kartographischer Medien .....	52
Abb. 4.2-2: Erster Ansatz zur Gliederung der Funktionen taktiler kartographischer Medien .....	53
Abb. 4.2.1-1: Das vereinfachtes Sender-Kanal-Empfänger-Modell der kartographischen Kommunikation, die kartographische Kommunikationskette nach UÇAR (1979) .....	55
Abb. 4.2.1-2: Taktiler kartographischer Kommunikationsmodell, in Anlehnung an PRELL (1983) .....	57
Abb. 5.1-1: Der Strukturbegriff in der Kartographie .....	64
Abb. 5.1-2: Strukturmodell der allgemein-geographischen Karte nach SALIŠČEV (1976) .....	65
Abb. 5.1-3: Strukturmodell des Modell-Objekt-Katalogs für ATKIS-25 von HAKE, GRÜNREICH & MENG (2002).....	65
Abb. 5.2-1: Allgemeines graphisches Strukturmodell taktiler kartographischer Medien .....	68
Abb. 5.3.1-1: Linienbauweise nach BRAMBRING (1979) .....	74
Abb. 5.3.1-2: Gitterbauweise nach BRAMBRING (1979) .....	74
Abb. 5.3.1-3: Blockbauweise nach BRAMBRING (1979).....	74
Abb. 5.3.2-1: Die Strukturelemente taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem.....	75
Abb. 5.3.2.1.2-1: Taktile graphische Variablen nach VASCONCELLOS (1991).....	80
Abb. 5.3.2.1.2-2: Neuordnung der taktilen graphischen Variablen .....	81
Abb. 5.3.2.1.2-3: Die taktile Variable Höhe – Realisierung mehrere Höhenebenen mit dem Thermo-Vakuum- Verfahren auf PVC-Folie, USA – Bevölkerungsdichte 1980, Kartenserie USA, Deutsche Blindenstudienanstalt e.V. Marburg/Lahn (blista) .....	82
Abb. 5.3.2.1.2-4: Die taktile Variable Höhe – Ausgabe von nur zwei Höhenstufen auf Schwellpapier, Tactual Atlas of Australia, Klimazonen, Department of Resources and Environment, Division of National Mapping, Canberra, Australien, 1987.....	82
Abb. 5.3.2.1.2-5: Die taktile graphische Variable Größe, kombiniert mit dem Muster (Punktsignaturen), Deutschland Bundesländer, Vereinigung der Freunde blinder und sehbehinderter Kinder e.V. (Hamburg).....	83
Abb. 5.3.2.1.2-6: Die taktile graphische Subvariable Dichtewert in Kombination mit der Form auf Schwellpapier, audio-taktile Karte: Die Bevölkerungsdichte in Deutschland, GEIGER (2001).....	83
Abb. 5.3.2.1.2-7: Die taktile graphische Subvariable Dichtewert als Intensität der Oberflächenstruktur auf PVC-Folie, Deutschland Bevölkerungsdichte (Stand: nach 1989), Vereinigung der Freunde blinder und sehbehinderter Kinder e.V. (Hamburg).....	83
Abb. 5.3.2.1.2-8: Die taktile graphische Variable Form, Positionssignaturen – (Schwellpapier), audio-taktile Karte: Die Bodenschätze in Deutschland, GEIGER (2001).....	85
Abb. 5.3.2.1.2-9: Die taktile graphische Variable Form, Flächensignaturen – (Schwellpapier), audio-taktile Karte: Die Klimazonen von Afrika, GEIGER (2001).....	85
Abb. 5.3.2.1.2-10: Die taktile graphische Variable Form, Liniensignaturen – (PVC-Folie), Die deutsche Nordseeküste, Vereinigung der Freunde blinder und sehbehinderter Kinder e.V. (Hamburg) ...	86
Abb. 5.3.2.1.2-11: Die taktilen graphischen Variablen Form und Muster, Flächensignaturen – (PVC-Folie), Deutschland Bundesländer, Vereinigung der Freunde blinder und sehbehinderter Kinder e.V. (Hamburg).....	86

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 5.3.2.1.2-12: Die taktile graphische Subvariable Orientierung als eine ausgestaltende Komponente der Form, Darstellung der maximalen Niederschlagsverteilung in Australien im Juli, Tactual Atlas of Australia, Department of Resources and Environment, Division of National Mapping, Canberra, Australien, 1987.....	86
Abb. 5.3.2.1.2-13: Die visuelle graphische Variable Farbe, Der nahe Osten, Verein zur Förderung der Blindenbildung (VzFB), 1991.....	87
Abb. 5.3.2.1.3-1: Die Bodenschätze in Deutschland, Darstellung qualitativer lokaler Diskreta mit Hilfe der Methode der Positionssignaturen, GEIGER (2001).....	92
Abb. 5.3.2.1.3-2: Die Industriezweige in Niederösterreich, Darstellung qualitativer lokaler Diskreta mit Hilfe der Methode der Positionssignaturen, Bundes - Blindenerziehungsinstitut (BBI), Wien .....	92
Abb. 5.3.2.1.3-3: audio-taktile Stadtplan von Dresden (HEINRICH 2003), Darstellung qualitativer linearer Diskreta mit Hilfe der Methode der Linearsignaturen .....	93
Abb. 5.3.2.1.3-4: Stadtplan von Dresden (KINZEL 1995), Darstellung qualitativer linearer Diskreta mit Hilfe der Methode der Linearsignaturen.....	93
Abb. 5.3.2.1.3-5: Japan – Landwirtschaftliche Nutzung, Darstellung qualitativer flächenhafter Diskreta mit Hilfe der Flächenmittelwertmethode, Kartenserie Japan, Deutsche Blindenstudienanstalt e.V. Marburg/Lahn (blista) .....	95
Abb. 5.3.2.1.3-6: Brasilien Wirtschaftskarte, Darstellung qualitativer flächenhafter Diskreta mit Hilfe der Arealmethode, Vereinigung der Freunde blinder und sehbehinderter Kinder e.V. (Hamburg).....	95
Abb. 5.3.2.1.3-7: Darstellung quantitativer flächenhafter Diskreta mit Hilfe der Flächenkartogramm-Methode (auf Schwellpapier), audio-taktile Karte: Die Bevölkerungsdichte in Deutschland, GEIGER (2001).....	96
Abb. 5.3.2.1.3-8: Darstellung quantitativer flächenhafter Diskreta mit Hilfe der Flächenkartogramm-Methode (auf PVC-Folie), Deutschland Bevölkerungsdichte (Stand: nach 1989), Vereinigung der Freunde blinder und sehbehinderter Kinder e.V. (Hamburg).....	96
Abb. 5.3.2.1.3-9: Niederschläge in Indien (Winter- und Sommermonsun), Deutsche Blindenstudienanstalt e.V. Marburg/Lahn (blista).....	98
Abb. 5.3.2.5-1: Legende auf dem Kartenblatt (auf PVC-Folie), Brasilien Wirtschaftskarte. Vereinigung der Freunde blinder und sehbehinderter Kinder e.V. (Hamburg) .....	113
Abb. 5.3.2.5-2: Legende auf einem Extrablatt in Braille-Schrift (auf Schwellpapier), GEIGER (2001) .....	113
Abb. 5.3.2.5-3: Legende auf einem Extrablatt in Schwarzschrift (auf Schwellpapier), GEIGER (2001) .....	113
Abb. 5.3.2.7-1: Die auditiven Sprachvariablen .....	118
Abb. 5.3.2.7-2: Die äußere Gestaltung des Kartenblattes einer audio-taktilen Karte, audio-taktile Karte: Die Klimazonen von Afrika, GEIGER (2001) .....	123
Abb. 6.1-1: Die Hauptdeterminanten von Struktur und Funktion nach PÁPAY (1973), leicht verändert.....	124
Abb. 6.1.1-1: Die Determinanten der Struktur taktiler kartographischer Medien .....	126
Abb. 6.1.2-1: Die Determinanten der Funktion taktiler kartographischer Medien.....	126
Abb. 6.1.2-2: Kriterien, von denen die kartographische Disposition der Nutzer bestimmt werden .....	128
Abb. 6.1.2-3: Einfluss der kartographischen Disposition auf die Funktionen .....	129
Abb. 6.1.2-4: Erfahrungskegel von EDGAR DALE (1954), zitiert nach TULODZIECKI (1997; S. 57), .....	132
Abb. 6.1.2-5: Die Determinanten von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien .....	134
Abb. 6.2-1: Die Hauptkomponenten im taktilen kartographischen Modellierungsprozess .....	135
Abb. 6.3-1: Einfluss der Disposition der Nutzer und der Modellierer auf die invariante Kommunikationsfunktion .	137
Abb. 6.3-2: Einfluss der kartographischen Disposition der Nutzer und der Modellierer auf die Strukturentwicklung einer Medienanwendung.....	138
Abb. 6.3-3: Die Beeinflussung von Struktur und Funktion .....	139
Abb. 6.3-4: Die vier Phasen im taktilen kartographischen Modellierungsprozess und ihre Einflussnahme auf die Strukturentwicklung und die Funktion .....	139
Abb. 6.3-5: Modellierungsvorhaben, Modellierungsprozess und Kartennutzung .....	140
Abb. 6.3-6: Disposition, Funktion, Struktur; allgemeiner Kreislauf .....	141
Abb. 6.3-7: Disposition, Funktion, Struktur; aufgeschlüsselter Kreislauf .....	141
Abb. 6.3.1-1: Einfluss der varianten Funktionen auf die Strukturentwicklung .....	149
Abb. 6.3.1-2: Abhängigkeit der Strukturentwicklung von den varianten Funktionen und der kartographischen Disposition der Nutzer .....	150
Abb. 6.3.1-3: Der Einfluss der kartographischen Disposition der Nutzer auf die Funktion .....	150
Abb. 6.3.1-4: Die Abhängigkeit der Strukturentwicklung von der kartographischen Disposition der Nutzer.....	150
Abb. 6.3.1-5: Abhängigkeit der Strukturentwicklung von der kartographischen Disposition der Nutzer .....	151
Abb. 6.3.1-6: Der Einfluss der kartographischen Disposition der Nutzer auf Struktur und Funktion .....	151
Abb. 6.4.6.1-1: Leistungen Klasse 6-7 Hauptschule .....	166
Abb. 6.4.6.1-2: Leistungen Klasse 6-7 Realschule.....	166
Abb. 6.4.6.1-3: Leistungen Klasse 9-10 Hauptschule .....	166
Abb. 6.4.6.1-4: Leistungen Klasse 9-10 Realschule.....	166
Abb. 6.4.6.1-5: Leistungen Geburtsblinde.....	167
Abb. 6.4.6.1-6: Leistungen Erblindete im Kleinkindalter .....	167
Abb. 6.4.6.1-7: Leistungen - Blinde .....	168

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 6.4.6.1-8: Leistungen – hochgradig Sehbehinderte.....	168
Abb. 6.4.6.1-9: Leistungen – Blinde.....	168
Abb. 6.4.6.1-10: Leistungen – hochgradig Sehbehinderte.....	168
Abb. 6.4.6.2-1: Nutzung von Schreibtechnik.....	169
Abb. 6.4.6.3-1: Erfahrungen im Umgang mit taktilen kartographischen Medien .....	169
Abb. 6.4.6.3-2: Kartennutzung.....	170
Abb. 6.4.6.3-3: Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung.....	170
Abb. 6.4.6.3-4: Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung.....	170
Abb. 6.4.6.3-5: Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung.....	171
Abb. 6.4.6.4-1: Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit – Klasse 6-7 .....	172
Abb. 6.4.6.4-2: Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit – Klasse 9-10.....	172
Abb. 6.4.6.4-3: Orientierung, Klasse 6-7 .....	173
Abb. 6.4.6.4-4: Orientierung, Klasse 9-10 .....	173
Abb. 6.4.6.4-5: Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit – Geburtsblinde und hochgradig Sehbehinderte....	173
Abb. 6.4.6.4-6: Orientierung, Geburtsblinde - Erblindete im Kleinkindalter .....	174
Abb. 6.4.6.4-7: Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit – Amaurose und hochgradig Sehbehinderte .....	174
Abb. 6.4.6.4-8: Orientierung, Amaurose - hochgradig Sehbehinderte.....	174
Abb. 6.4.6.5-1: Interesse an taktilen kartographischen Medien-1 .....	175
Abb. 6.4.6.5-2: Interesse an taktilen kartographischen Medien-2 .....	175
Abb. 6.4.6.5-3: Generelles Interesse an taktilen Karten, Hauptschule Klasse 6-7 / 9-10 und Realschule Klasse 6-7 / 9-10 .....	175
Abb. 6.4.6.5-4: Generelles Interesse an taktilen Karten, Amaurose- hochgradig Sehbehinderte Geburtsblinde – Erblindete im Kleinkindalter.....	176
Abb. 6.4.6.6-1: Emotionen .....	176
Abb. 6.4.6.6-2: Emotionen, Hauptschule Klasse 6-7 / 9-10 und Realschule Klasse 6-7 / 9-10 .....	176
Abb. 6.4.6.6-3: Akzeptanz taktiler Karten, Hauptschule Klasse 6-7 / 9-10 und Realschule Klasse 6-7 / 9-10.....	177
Abb. 6.4.6.6-4: Emotionen, Amaurose - hochgradig Sehbehinderte - Geburtsblinde - Erblindete im Kleinkindalter .....	177
Abb. 6.4.6.6-5: Akzeptanz taktiler Karten, Amaurose - hochgradig Sehbehinderte Geburtsblinde- Erblindete im Kleinkindalter .....	177
Abb. 6.4.7-1: Die Abhängigkeit der Strukturentwicklung von der kartographischen Disposition der Nutzer.....	179

**C) TABELLENVERZEICHNIS**

Tab. 2.2.1-1: Klassifikation vs. Taxonomie.....	18
Tab. 2.2.2-1: Medientaxonomie taktiler kartographischer Medien .....	25
Tab. 3.2-1: taktile Displays.....	38
Tab. 3.2-2: virtuelle taktile Displays .....	40
Tab. 3.2-3: audio-taktile Dialogsysteme .....	42
Tab. 3.2-4: Vergleich verschiedener elektronischer Reisehilfen .....	43
Tab. 3.2-5: GPS-gestützte Navigationssysteme .....	44
Tab. 3.2-6: Navigationshilfen ohne GPS-Einsatz .....	45
Tab. 3.2-7: virtuelle taktile Karten.....	46
Tab. 4.1-1: Zwecke der Kartenauswertung (HAKE, GRÜNREICH & MENG 2002, S. 383) .....	48
Tab. 4.2-1: Funktionalitäten der taktilen kartographischen Medien .....	54
Tab. 5.2.1-1: Beiträge zur Kartosemiotik, zusammengestellt von KOCH (1999) .....	69
Tab. 5.3.1-1: Die Konstruktionsmethoden .....	74
Tab. 5.3.2.1.2-1: Die Länge der taktilen graphischen Variablen.....	88
Tab. 5.3.2.1.3-1: Ikonizität und diagrammatische Ikonizität in visuellen und taktilen Karten.....	102
Tab. 5.3.2.3-1: syntaktische und semantische Aspekte der kartographischen Abstraktion taktiler Karten.....	109
Tab. 5.3.2.4-1: Das Dimensionsstufenmodell nach KOCH (1997), in Anlehnung an KINZEL (1995) .....	111
Tab. 5.3.2.7-1: Zusätzliche Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien im Symbolsystem....	115
Tab. 5.3.2.7-2: Die Klangvariablen und ihre denkbaren Einsatzmöglichkeiten nach Dransch (1997) .....	119
Tab. 6.3.1-1: Abhängigkeit der syntaktischen Elemente der graphischen Struktur.....	142
Tab. 6.3.1-2: Abhängigkeit der syntaktisch-semantischen Elemente der graphischen Struktur.....	143
Tab. 6.3.1-3: Abhängigkeit der semantischen Elemente der graphischen Struktur.....	144
Tab. 6.3.1-4: Abhängigkeit des Strukturelementes Komplexität von der Funktion.....	145
Tab. 6.3.1-5: Abhängigkeit des Strukturelementes kartographische Abstraktion von der Funktion .....	146
Tab. 6.3.1-6: Beeinflussung des Maßstabes durch die Funktion .....	147
Tab. 6.3.1-7: Abhängigkeit der auditiven Variablen und Vibrationen von der Funktion.....	148
Tab. 6.3.2-1: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von den syntaktischen Elementen der graphischen Struktur .....	152
Tab. 6.3.2-2: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von den syntaktisch-semantischen Elementen der graphischen Struktur.....	153
Tab. 6.3.2-3: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von den semantischen Elementen der graphischen Struktur .....	154
Tab. 6.3.2-4: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von dem Strukturelement Komplexität ....	155
Tab. 6.3.2-5: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von dem Strukturelement kartographische Abstraktion .....	156
Tab. 6.3.2-6: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von dem Strukturelement Maßstab .....	156
Tab. 6.3.2-7: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von den auditiven Variablen und Vibrationen .....	158

**E) ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

Abb. – Abbildung	MoPS – MoBIC Pre-Journey System
Abs. – Abschnitt	MoTA – MoBIC Travel Aid
BBI – Bundes-Blindenerziehungsinstitut	NCTD – National Centre for Tactile Diagrams
Bd. – Band	PGM – Petermanns Geographische Mitteilungen
blista – Blindenstudienanstalt Marburg/Lahn	RNIB – Royal National Institute of the Blind
Bsp. – Beispiel	S – Schweden
bzw. – beziehungsweise	Tab. – Tabelle
ca. – circa	TACIS – Tactile Acoustic Computer Interaction System
CAD – Computer Aided Design	TAG – Tactile Audio -Visual Graphics
D – Deutschland	TGD – Tactile Graphics Designer
d.h. – das heißt	TIM – Taktile Interaktions Monitor
etc. – et cetera	t.k.M. – taktile kartographische Medien
e.V. Hamburg - Vereinigung der Freunde blinder und sehbehinderter Kinder e.V. Hamburg	TTT – The Talking Tactile Tablet
ggf. – gegebenenfalls	TVSS – Tactile Vision Substitution Systems
GIS – Geoinformationssystem	u.a. – unter anderem
Hrsg. – Herausgeber	u.ä. – und ähnliches
i.A. – im Allgemeinen	u.U. – unter Umständen
i.d.R. – in der Regel	UK – United Kingdom
i.e.S. – im engeren Sinne	vgl. – vergleiche
ICA – International Cartographic Association	virt. – virtuell
Kap. – Kapitel	Vpn – Versuchspersonen
LdKG – Lexikon der Kartographie und Geomatik	VTD – Virtuelles Taktiles Display
max. – maximal	VTM –VirTouch Mouse
min. – minimal	VTS – Virtual Touch System
mind. – mindestens	VzFB – Verein zur Förderung der Blindenbildung
MoBIC - Mobility of Blind and Elderly People Interacting with Computers	z.B. – zum Beispiel
MoODS – MoBIC OutDoor System	z.T. – zum Teil

# "Untersuchungen zum Verhältnis von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien und ihren Wechselwirkungen"

## 1 Einleitung, Problemstellung und Struktur der Arbeit

Es wird heute weltweit versucht, Konzepte für vielfältige taktile kartographische Medien zu entwickeln, die vorrangig der allgemeinen Orientierung und Mobilität, aber auch verstärkt dem Wissenserwerb, z.B. im Geographieunterricht an Schulen für Blinde und Sehbehinderte, dienen sollen. Diese Konzepte müssen von denen der "visuellen Kartographie"<sup>1</sup> zwangsläufig mehr oder weniger abweichen und auf weitgehend anderen Methoden, Regeln und Techniken beruhen. Wesentliche und durch die Praxis verifizierte Erkenntnisse der visuellen Kartographie sind der taktilen Kartographie zugänglich zu machen bzw. in/an diese zu adaptieren. Trotzdem dürfen grundlegende Theorien und Erfahrungen der Kartengestaltung und Kartennutzung für Sehende nicht völlig negiert werden.

### 1.1 Problemstellung

Die vorliegende Arbeit widmet sich der theoretischen Untersuchung von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien und den bestehenden Wechselwirkungen. Dabei strebt sie in erster Linie an, den heutigen theoretischen Erkenntnisstand der visuellen Kartographie adäquat auf den relativ kleinen aber deshalb nicht weniger wichtigen Untersuchungsbereich der taktilen Kartographie abzuleiten, um so eine solide theoretische Basis für zukünftige Erörterungen und empirische Untersuchungen zu schaffen, die die Weiterentwicklung von sowohl graphischen als auch inhaltlichen Konzeptionen taktiler kartographischer Medien betreffen.

Obwohl vereinzelt erste durchaus wegweisende Ansätze und zeichentheoretische Untersuchungen zu ausgewählten Problemen der Struktur taktiler kartographischer Medien vorliegen (vgl. Kap. 3.1), gab es bisher noch keinen Versuch, ein allgemeines Strukturmodell für taktile kartographische Medien zu entwickeln oder eine genaue Strukturanalyse durchzuführen, innerhalb derer alle Strukturelemente der sowohl traditionellen als auch neuen taktilen kartographischen Medienelemente aus semiotischer Sicht behandelt werden. So soll ein wissenschaftlich-theoretischer Beitrag dieser Arbeit u.a. darin bestehen, auf Grundlage der kartographischen Semiotik neue Ansatzpunkte zur komplexen Problematik der Struktur taktiler kartographischer Medien zu erarbeiten.

Des Weiteren liegt für den Bereich der taktilen Kartographie noch keine umfassende Analyse der Funktion als Determinante im Kommunikationsprozess vor, wengleich dieser Forschungsschwerpunkt zu den wichtigsten Aufgaben der theoretischen Kartographie gehört, da die Entwicklung von hoch effizienten (taktilen) kartographischen Abbildungsstrukturen mit der Erforschung ihrer Funktionen sehr eng verbunden ist.

---

<sup>1</sup> Beim kartographischen Informations- und Kommunikationsprozess handelt es sich im Normalfall um einen Visualisierungsprozess. Deshalb gibt es in der kartographischen Terminologie den Begriff „visuelle Kartographie“ nicht. In der vorliegenden Arbeit, die sich ausdrücklich mit der kartographischen Informationskodierung und -übertragung mit Hilfe des Tastsinns befasst (taktile Kartographie), ist die Verwendung des Begriffes „visuelle Kartographie“ zur Kennzeichnung der an den Gesichtssinn gebundenen Kartographie jedoch notwendig.

Infolgedessen war es bisher nicht möglich, die entsprechenden Zusammenhänge zwischen Funktion und Struktur taktiler kartographischer Medien (d.h. das Verhältnis und die Beeinflussung von den einzelnen Komponenten der Struktur durch Komponenten der Funktion und analog die konkrete Beeinflussung der Funktion durch verschiedene Strukturkomponenten) im Rahmen der theoretischen Kartographie zu behandeln. Auf diesem Spezialgebiet der taktilen Kartographie sind derzeit noch großflächige Wissensdefizite zu verzeichnen. Somit besteht hier eine echte Forschungslücke.

Um diese Forschungslücke zu schließen ist es unbedingt notwendig, Grundkenntnisse der theoretischen Kartographie aus der visuellen Welt in die Taktile zu übertragen, um so die theoretischen Grundlagen der taktilen Kartographie genauer zu charakterisieren und zu festigen. Hierzu gehören neben den Gesetzmäßigkeiten und Determinanten der kartographischen Kommunikation und der Erforschung der Funktionen taktiler kartographischer Medien auch zeichentheoretische Untersuchungen zu den einzelnen Komponenten ihrer Struktur.

Um einerseits die einzelnen Komponenten von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien ausführlich analysieren zu können und andererseits zu einem fundierten theoretischen Untersuchungsergebnis bezüglich der bestehenden Wechselwirkungen von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien zu gelangen, müssen insbesondere folgende drei Hauptprobleme systematisch untersucht und behandelt werden:

1. Es muss ein erster konzeptionell-theoretischer Ansatz zur Untersuchung der Funktionen taktiler kartographischer Medien geschaffen werden, da die taktile Kartographie derzeit noch keine eigenständigen Ansätze besitzt und selbst auf dem Gebiet der visuellen Kartographie die Kartenfunktionen bis heute noch nicht umfassend erforscht sind.
2. Es müssen alle Komponenten der Struktur für eine taktile kartographische Wiedergabe benannt, systematisiert und nach z.T. zeichentheoretischen Grundsätzen erörtert werden. Diese (Struktur-) Untersuchungen bzw. die Analyse der einzelnen Strukturelemente sollen weitestgehend im Sinne der Semiotik, die das Wesen der informationstragenden Mittel, der taktilen (Karten-) Zeichen, behandelt, erfolgen. Diese Strukturanalyse ist unbedingt erforderlich, da derlei Problematiken für taktile kartographische Medien bisher noch nicht eingehend untersucht worden sind.
3. Es sollen, aufbauend auf den erarbeiteten Grundlagen, theoretische Untersuchungen zum Verhältnis von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien erfolgen. Es ist theoretisch zu begründen, wie die einzelnen Komponenten der Struktur durch die Funktion und analog wie die Funktion durch ausgewählte Strukturkomponenten beeinflusst werden.  
An dieser Stelle muss insbesondere der Einfluss der Disposition der Kartennutzer auf die Funktion und die weitere Strukturentwicklung theoretisch analysiert werden, da jedes kartographische Medium um so effektiver ist, je mehr seine Struktur an das kartographische Umsetzungsvermögen seiner zukünftigen Nutzer angepasst ist (vgl. PAPAY 1973).

## 1.2 Aufbau und Struktur der Arbeit

Zu Beginn der Untersuchungen von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien und ihrer Wechselwirkungen steht die Klärung des **Medienbegriffes** im Vordergrund.

Im Titel der Arbeit wird bewusst anstelle des klassischen Begriffes der taktilen kartographischen Darstellungsformen der Medienbegriff verwendet. Da der Medienbegriff in Bezug auf die kartographischen Medien (einschließlich der taktilen kartographischen Medien) bislang noch nicht eindeutig definiert wurde, bildet die theoretische Auseinandersetzung mit ihm und die terminologische Klärung des Medienbegriffes in der Kartographie sowie dessen Anwendung bzw. Übertragung auf den taktilen Bereich einen wichtigen Ausgangspunkt für diese Arbeit, bevor auf seine einzelnen Strukturkomponenten und Funktionen im Einzelnen eingegangen werden kann.

Aufgrund der Zuordnung von einheitlichen und damit untereinander vergleichbaren Merkmalen und den daraus resultierenden Merkmalsgruppen soll sodann eine Taxonomie für taktiler kartographische Medien erstellt werden, mit deren Hilfe konkrete Bedingungen für die Kartenerstellung und Kartennutzung abgeleitet und konzipiert werden können.

Das nachfolgende Kapitel widmet sich mit einer einführenden **Analyse** der internationalen Situation und Entwicklung traditioneller sowie neuer taktiler kartographischer Medien. Darüber hinaus wird der aktuelle Stand der wissenschaftlich theoretischen Behandlung des Struktur-Funktions-Verhältnisses der traditionellen taktilen kartographischen Medien mit Hilfe der sowohl nationalen als auch internationalen Literatur umrissen.

Im zweiten Teil des Kapitels erfolgt eine zusammenfassende Ausführung zum internationalen Entwicklungsstand von neuen taktilen kartographischen Medienanwendungen. Dazu gehören taktile Displays, virtuelle taktile Displays, audio-taktile Dialogsysteme, elektronische Reisehilfen, GPS-gestützte Navigationssysteme und virtuelle taktile Karten, die jeweils in Form einer systematischen, beschreibenden und wertenden tabellarischen Übersicht allgemein vorgestellt werden sollen.

Eine optimale kartographische Informationsübertragung kann nur dann zustande kommen, wenn funktionsgerechte Karten den jeweiligen Nutzern zur Verfügung stehen. Daher ist die Entwicklung von hoch effizienten taktilen kartographischen Abbildungsstrukturen mit der Erforschung ihrer **Funktionen** eng verbunden. Aus diesem Grund muss die Untersuchung der Haupt- und Nebenfunktionen taktiler kartographischer Medien einen wichtigen Bearbeitungsschwerpunkt der vorliegenden Arbeit bilden. Im Vorfeld soll jedoch der allgemeine Funktionsbegriff in der Kartographie analysiert werden. Dem folgt eine Überprüfung der klassischen Gliederungen der Funktionen von PÁPAY (1973) und FREITAG (1993), deren Erweiterung auf die heutigen Verhältnisse und schließlich deren Übertragung auf die taktilen kartographischen Medien.

Die Erforschung der Funktionen ist mit der Entwicklung von hoch effizienten (taktilen) kartographischen Medien, die über bestmögliche Abbildungsstrukturen verfügen, eng verbunden. Deshalb folgt im fünften Kapitel eine umfangreiche semiotische Untersuchung zum **kartographischen Strukturproblem** taktiler kartographischer Medien<sup>2</sup>. Im Vorfeld dieser Untersuchungen soll ein graphisches Strukturmodell aufgestellt werden, das alle Strukturkomponenten der sowohl traditionellen als auch neuen taktilen kartographischen Medien in sich vereint.

Die sich anschließende detaillierte Strukturanalyse des taktilen kartographischen Zeichencodes bezüglich der graphischen Gestaltung, der Kartenbelastung, des Maßstabes, des Generalisierungs- bzw. Abstraktionsgrades und der Kartenblattgestaltung gliedert sich nach den drei Dimensionen der Zeichenrelation Syntaktik, Semantik und Pragmatik von MORRIS.

---

<sup>2</sup> Während auf dem Forschungsgebiet der Kartosemiotik für visuelle Karten bereits zahlreiche theoretische Untersuchungen und wissenschaftliche Abhandlungen vorliegen, blieb der Bereich der Semiotik für taktile Karten bislang nahezu unberührt.

Es ist schwierig, eine klare Grenze zwischen dem Untersuchungsgebiet der kartographischen Syntaktik und der kartographischen Semantik zu ziehen, da beide Untersuchungsbereiche zum Teil fließend ineinander übergehen. So sind z.B. die syntaktisch-semantischen Aspekte der graphischen Gestaltung, wie den graphischen Merkmalen von taktilen Zeichen, den Darstellungsformen und ihren Darstellungsmethoden nicht klar voneinander abzugrenzen. Das primäre Ziel der Strukturanalyse besteht darin, Strukturoptimierungen, die zu einem gezielten Eingriff oder zur Beeinflussung der Funktion führen, zukünftig schneller und gezielter zu ermöglichen.

Als finaler Schwerpunkt dieser Arbeit stehen die bestehenden **Wechselwirkungen von Struktur und Funktion** im Mittelpunkt der theoretischen Untersuchungen. So sollen die Beeinflussung der einzelnen Komponenten der Struktur durch die Funktion und analog die Beeinflussung der Funktion durch die verschiedenen Komponenten der Struktur sowie der mögliche Einfluss der Disposition der Kartennutzer (d.h. das Leistungs- bzw. Umsetzungsvermögen der Nutzer) auf die Funktion einerseits und die Strukturentwicklung andererseits theoretisch analysiert werden. Zu Beginn dieser Untersuchungen sollen jedoch die determinierenden Faktoren von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien zusammengetragen und ausführlich betrachtet werden. Dabei soll das klassische Modell von PÁPAY (1973) in Bezug auf die heutigen taktilen kartographischen Medien überprüft sowie auf die gegenwärtigen Verhältnisse angewandt und wenn möglich, weiterentwickelt werden.

Eine Analyse der Funktion ergibt sich immer aus der primären Fragestellung: Was wollen die Anwender? Aber auch: Wozu sind sie in der Lage? Hierfür hat PÁPAY (1973) den Begriff der „Disposition der Kartennutzer“ eingeführt. Kommunikation vollzieht sich grundsätzlich mit Hilfe von Zeichen. Das individuelle Leistungsvermögen blinder und sehbehinderter Personen, wie z.B. die Fähigkeit des Erkennens und Zuordnens von taktilen Kartenzeichen, das Beherrschen der Punktschrift oder erlangte geographische Kenntnisse, nehmen Einfluss auf die Fähigkeit, taktile Abbildungen sinnvoll und zweckentsprechend benutzen zu können.

Abschließend soll daher die kartographische Disposition der Kartennutzer empirisch geprüft werden, da die Effizienz der kartographischen Darstellungsformen vor allem von der kartographischen Disposition der Kartennutzer abhängig ist (vgl. Kap. 6.4).

Ein Hintergrund für die Auswahl dieses empirischen Untersuchungsgegenstandes ergibt sich u.a. aus der allgemeinen Forderung, die zukünftigen Nutzer effektiv in die Entwurfsphasen und die Modellierung taktiler kartographischer Medien einzubeziehen, um so die Qualität und Aussagefähigkeit dieser Medien stetig zu erhöhen und zu optimieren, schon weil sich die Rezipienten taktiler kartographischer Medien oftmals stark hinsichtlich ihrer Leistungen, ihrer Erfahrungen im Umgang mit taktilen Karten, ihren Kenntnissen über die dargestellte Wirklichkeit und dem Grad der Sehbehinderung etc. (vgl. Abs. Disposition) voneinander unterscheiden.

## 2 Taktile kartographische Medien als spezieller Medienbereich der Kartographie

Im Titel der Arbeit und auch schon im einleitenden ersten Kapitel ist bewusst von taktilen kartographischen Medien und nicht von taktilen Karten oder taktilen kartographischen Darstellungsformen die Rede. Die Gründe hierfür sind kommunikations-theoretischer und semantisch-terminologischer Art. Insbesondere geht die vorliegende Untersuchung deutlich über Karten i.e.S. hinaus.

Da der Medienbegriff in der Kartographie noch nicht völlig abgeklärt ist, soll im Folgenden eine nähere Begründung der Verwendung des Medienbegriffes in der Kartographie und im Anschluss die Erstellung einer Taxonomie erfolgen.

Der Begriff Medium hat heute breiten Eingang in die Alltagssprache gefunden und wird dementsprechend sehr heterogen verwendet<sup>1</sup>. Allgemein bilden Medien die Vermittlungsinstanz für den Kommunikationsaustausch, d.h. ohne Medien ist keine Kommunikation möglich. In der alltäglichen Verwendung des Medienbegriffes werden jedoch die verschiedensten Annahmen über seine Bedeutung aufgestellt. Je nach dem, in welchem Lebens- oder Fachbereich dieser Begriff fällt, sind unter anderem Massen-Informationsmedien (z.B. Fernsehen, Radio, Zeitungen), Unterhaltungsmedien (z.B. Theater, Oper, Kino), Lern- bzw. Bildungsmedien (z.B. Lehrbücher), Kommunikationsmedien (z.B. Telefon, Postversand, E-Mail), Präsentationsmedien (z.B. Overhead-Projektor, Power Point Show, Poster), technische Medien (z.B. Trägerstoffe), neue Medien (der Überbegriff für alle nach dem Fernsehzeitalter eingeführten neuen Medien wie CD-ROM, DVD, digitaler Hörfunk) aber auch kartographische Medien (z.B. Karten, Atlanten) oder taktile Medien (z.B. taktile Abbildungen, Braille- und Hörbücher) gemeint.

Aufgrund des sehr hohen Komplexitätsgrades des Medienbegriffes behandelt der erste Abschnitt des folgenden Kapitels die unterschiedlichen Kriterien zur Differenzierung von Medien. Der zweite Teil dieses Abschnittes setzt sich mit den noch jungen Termini der kartographischen und speziell der taktilen kartographischen Medien auseinander.

In Kapitel 2.2 sollen taktile kartographische Medien in Form einer Taxonomie klassifiziert und segmentiert werden, bevor ihre einzelnen Struktur- und Funktionskomponenten, die eine ausführliche Klärung des Medienbegriffes im Vorfeld unbedingt voraussetzen, in den sich anschließenden Kapiteln eingehend untersucht werden können.

---

<sup>1</sup> Der Begriff **Medium** kommt aus dem Lateinischen und bedeutet dort "Mitte, Mittelpunkt oder im übertragenem Sinne 'was allen zugänglich ist'". Der moderne Begriff bezeichnet ein 'Mittel' oder einen 'Mittler' (MEYER 1994 [6], S. 148).

## 2.1 Der Begriff Medien

### 2.1.1 Allgemeiner Medienbegriff

Medien lassen sich nach den unterschiedlichsten Schemen klassifizieren (Abbildung 2.1-1). In der Mediensemiotik, wo Medien als materielle Mittel zur Übertragung von Zeichen bzw. Informationen an einen Empfänger untersucht werden, wird eine Gliederung nach dem **Kode der Informationsdarstellung** (Medienkode) vorgenommen (NÖTH 2000). So kann nach dem angesprochenen Sinnes- bzw. Wahrnehmungskanal zwischen visuellen Medien (Text, Bild [z.B. Buch, Foto, Graphik, Bildsequenzen]), auditiven Medien (Musik, Sprache, Geräusche [z.B. Tonaufzeichnungen, gesprochener Text, Geräuschkulissen]), taktilen Medien (Text, Bild [z.B. Braille-Schrift, Relief]), audio-visuellen Medien (z.B. Rede in Kombination mit Bildern, Film) und audio-taktilen Medien (z.B. audio-taktile Karten) unterschieden werden.

Weiterhin können Medien nach ihrer jeweiligen **Wahrnehmungsleistung** eingeteilt werden. Hier sind statische Medien, dynamische Medien und interaktive Medien voneinander zu unterscheiden. Statische Medien (z.B. Bilder, visueller Text, Text in Braille-Schrift, (taktile) Graphiken) haben eine visuelle bzw. taktile Wahrnehmungsleistung bei einer selbst bestimmten Verweildauer des individuellen Medienbenutzers. Dynamische Medien (z.B. Fernsehen, Radio, CD) verfügen über eine visuelle und auditive Wahrnehmungsleistung mit einer vorgegebenen Verweil- bzw. Darstellungsdauer. Die Wahrnehmungsleistung von interaktiven Medien (z.B. Internet, Computer-Lernprogramme, audio-taktile Dialogsysteme) ist auditiv und visuell bzw. taktil und verfügt über freie Zugriffsmöglichkeiten sowie einer freien Gestaltung der Informationsaufnahme (BÜSCH 2002).

Ebenso ist eine Klassifikation nach dem **Zeitraum** in zeitabhängige Medien (z.B. Ton, Video) und zeitunabhängige Medien (z.B. Texte, Graphiken, Bilder) denkbar (BILL & ZEHNER 2001).

Medien				
Medienkode	Wahrnehmungsleistung	Zeitraum	Einsatz von Technik	Darstellungsdimension
<ul style="list-style-type: none"> <li>• visuell</li> <li>• auditiv</li> <li>• taktil</li> <li>• audio-visuell</li> <li>• audio-taktil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• statisch</li> <li>• dynamisch</li> <li>• interaktiv</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zeitabhängig</li> <li>• zeitunabhängig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• primär</li> <li>• sekundär</li> <li>• tertiär</li> <li>• quartär</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2D</li> <li>• 2½D</li> <li>• 3D: - <i>pseudo</i> - <i>echt</i></li> <li>• 4D</li> </ul>
Anzahl der Medienbausteine	Medienbereiche	Informations-träger	Nähe zur Realität	Grad der Öffentlichkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monomedien</li> <li>• Dualmedien</li> <li>• Multimedia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kodierungsform</li> <li>• Produktionskon-text</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• personal</li> <li>• apersonal (technisch/nicht technisch)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• personal</li> <li>• nicht personal (Realität, Nachbildung, Abbildung, Symbol)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpersonelle-</li> <li>• Kleingruppen-</li> <li>• Organisations-</li> <li>• Massen-Kommunikation</li> </ul>

Abb. 2.1-1: Allgemeine Medienklassifikation

Eine weitere Klassifikationsmöglichkeit, die auf den Forschungsbereich der Medien der Massenkommunikation ausgerichtet ist, erlaubt die Einteilung nach dem jeweiligen **Einsatz von Technik** und unterscheidet zwischen *Primärmedien*, das sind Medien ohne Einsatz von Technik (bzw. Geräte) zwischen Sender und Empfänger (z.B. Theater, Oper, Straßenmusik); *Sekundärmedien*, das sind Medien mit Technikeinsatz auf der Produktionsseite, nicht aber auf Seite des Rezipienten (z.B. Zeitung, Plakate, Karten); *Tertiärmedien*, das sind Medien mit Technikeinsatz auf der Produktions- und Empfangsseite (z.B. Fernsehen, Radio, Bildschirmkarte) und *Quartärmedien*, auch das sind Medien mit einem doppelten Technikeinsatz aber hier ist die traditionelle Beziehung zwischen Sender und Empfänger aufgelöst. Die Nutzer sind jetzt Sender und Empfänger zugleich (z.B. Online-Medien) (FAULSTICH 1998).

Des Weiteren ist eine Gliederung nach der **Darstellungsdimension** möglich. Demnach lassen sich Medien in *2D-Medien* wie Papier oder Bildschirm, in *3D-Medien* wie Hologramme oder *4D-Medien* wie Virtual Reality (VR), Ton oder Bewegtbilder unterscheiden. In der Kartographie wird im Bereich der *3D-Medien* ferner zwischen *pseudo-3D* und *echt-3D* unterschieden. Die 3D-Kartographie ist „jenes Gebiet der Kartographie, welches die klassischen dreidimensionalen körperlichen kartenverwandten Darstellungen, die pseudo-3D und die echt-dreidimensionalen kartographischen Darstellungen<sup>2</sup> umfasst“ (BUCHROITHNER 2002, LdKG, Stichwort: 3D-Kartographie, Bd. 1, S. 169).

Taktile Karten und Abbildungen auf PVC-Folie mit einem stufenförmigen Übergang mehrerer Höhenebenen (in der Regel zwischen zwei bis sieben Stufen) lassen sich nicht den *2D-Medien* zuordnen, da die (Geo-) Objekte nicht vollkommen verebnet dargestellt werden, noch zählen sie zu den *3D-Medien*, da die Höhenabstufungen weder maßstabstreu sind noch fließend ineinander übergehen und keinem Abbild der realen georäumlichen Wirklichkeit entsprechen. Taktile kartographische Medien auf PVC-Folie mit mehr als zwei verschiedenen Höhenebenen sind verebnete räumliche Darstellungen, bei denen die dritte Dimension lediglich der unterscheidbaren Präsentation von Informationen unterschiedlicher Ebenen oder Wichtigkeit dient und bilden daher eine (Zwischen-) Gruppe der *2½ D-Medien*. Taktile Karten und Abbildungen auf Schwellpapier verfügen über nur zwei Höhenstufen, gelten aber als *2D-Medien*, da alle Darstellungsobjekte mit Hilfe der zwei (Zeichen-) Ebenen eingeebnet und gleichzeitig taktil wahrnehmbar dargestellt werden können. Taktile Reliefs zählen zu den körperlichen *3D-Medien*.

Die Klassifikation nach der **Anzahl der eingesetzten Medienbausteine** unterscheidet zwischen Monomedien, dualen Medien und Multimedia. *Monomedien* sprechen nur einen Sinneskanal des Mediennutzers an während duale Medien zwei Sinneskanäle ansprechen und damit zwei Arten von Medien miteinander verknüpfen können (z.B. audio-visuelle Medien, audio-taktile Medien). Mit *Multimedia* werden im weitesten Sinne alle Anwendungen bezeichnet, die verschiedene, sich sinnvoll ergänzende Medienelemente wie Ton-, Text-, Graphik-, Bild- und Bewegtbilder (Film, Video, Animation) miteinander verknüpfen. Die genaue Begriffsdefinition fordert wenigstens drei verschiedene Medien, wobei mindestens ein zeitabhängiges Medium (z.B. Ton, Video) zu integrieren ist und setzt das Vorliegen der multimedialen Inhalte in digitaler Form voraus. Ein weiteres wichtiges Multimedia-Element stellt die Interaktivität dar, die dem Mediennutzer ermöglicht, interaktiv Inhalte auszuwählen, diese Inhalte weiterzuverarbeiten, die Art der Präsentation zu verändern oder den Zeitpunkt der Präsentation zu beeinflussen. Die Informationspräsentation und -übermittlung mit Hilfe einer Kombination aus statischen (Text, Abbildungen) und dynamischen (Töne, Animationen) Medienbausteinen soll bei den Medienbenutzern mehrere Sinne gleichzeitig ansprechen (Multimodalität). Die damit hergestellte Redundanz ist beabsichtigt und sollte bei Lernanwendungen gezielt erzeugt werden, ganz besonders bei Anwendungen für Menschen, denen ein wichtiger Sinneskanal, wie z.B. der Seh- oder Hörsinn, fehlt.

BACHMAIR (1981) nimmt eine äußerliche Einordnung vor und unterteilt den Medienbegriff in die zwei Dimensionen **Kodierungsform** und **Produktionskontext**. Die Kodierungsform von Medien bezeichnet die Art des Mediums und beschreibt, wie Informationen gespeichert und vermittelt werden. Sie reicht vom technisch gespeicherten Laufbild (wie z.B. Film) über geschriebene Sprache, dreidimensionale Modelle, Gestik bis hin zum gesprochenen Wort. Diese Kodierungsformen von Medien werden in Form von Taxonomien gefasst. Der Produktionskontext beschreibt die Art und Weise der Herstellung von Medien.

BRUCKER (1986) klassifiziert zwischen **personalen** und **apersonalen Medien**. Die personalen Medien stehen für menschliche Informationsträger wie Lehrer oder Gesprächspartner. Apersonale Medien sind die technischen Informationsträger und unterteilen sich nochmals in nichttechnische Medien (z.B. Tafelbild, Buch, Karten) und technische Medien, die sich wiederum in visuelle (z.B. Stummfilm, Dia), auditive (z.B. Hörfunk, CD) und audiovisuelle Me-

---

<sup>2</sup> Pseudo-dreidimensionale Darstellungen: eine dreidimensionale Szene wird auf einem zweidimensionalen Medium abgebildet und wird in ersterer Instanz auch als solche visuell erfasst (z.B. Anaglyphenkarten). Echt dreidimensionale Darstellung: dem Betrachter wird auf einem zweidimensionalen Medium mittels verschiedener Verfahren ein echter räumlicher (plastischer) Eindruck ohne eine benötigte Sehhilfe (wie z.B. Anaglyphenbrillen) vermittelt (z.B. holographische Karten) (BUCHROITHNER 2002, LdKG, Stichwort: 3D-Visualisierung, Bd. 1, S. 170).

dien (z.B. Fernsehen, DVD) untergliedern. Damit sich diese Klassifikation auch auf taktile kartographische Medien anwenden lässt, müssen die technischen Medien um die Komponenten taktile (z.B. taktile Displays) und audio-taktile Medien (z.B. audio-taktile Dialogsysteme) erweitert werden.

SPIERING & OSTERTAG (1975) trennen zwischen **personalen** und **nicht personalen Medien**. Dabei werden die nicht personalen Medien nach der Nähe zur Realität wie folgt gegliedert: Realität (z.B. Pflanzen, Mikropräparate, Steine), Nachbildung (z.B. Modelle, Reliefs, Globen), Abbildung (z.B. Schallplatte, Film) und Symbol (z.B. Schwarz- oder Braille-Schrift, Farbe).

Eine weitere Einteilungsmöglichkeit von Medien bietet die Klassifikation nach dem **Grad der Öffentlichkeit** und bezieht sich auf die Anzahl der Personen, die an einem Kommunikationsvorgang beteiligt sind. Dabei werden vier Grundformen der Kommunikation unterschieden: Interpersonelle Kommunikation, Kleingruppenkommunikation, Organisationskommunikation sowie Massenkommunikation. Die Interpersonelle Kommunikation ist die direkte Kommunikation von Mensch zu Mensch, primär im privaten und geschäftlichen Bereich. Die Kleingruppenkommunikation dagegen findet zwischen mehreren Personen in einem kleineren Kreis statt. Dabei bieten die Medien in erster Linie eine Unterstützung in der Entscheidungsfindung. In der Organisationskommunikation greifen die Medien in eine Organisationsstruktur ein. Bei der Massenkommunikation wird ein breites Publikum, das zum Teil sporadisch auf der Welt verteilt sein kann, angesprochen. Die Massenmedien verfolgen grundsätzlich das Ziel, die Bevölkerung mit aktuellen, vollständigen sowie sachlichen Informationen so verständlich wie möglich zu versorgen.

In der Vergangenheit existierte der Medienbegriff im allgemeinen Bewusstsein hauptsächlich im Zusammenhang mit Fernsehen oder Zeitung. Kartographische Darstellungen wurden als Kommunikationsmittel angesehen, auch wenn nicht von kartographischen Medien gesprochen wurde, sondern von der Karte bzw. der kartenverwandten Darstellung. Dennoch wurde der Terminus der (taktile) kartographischen Medien gelegentlich in kartographischen Publikationen verwendet (wie z.B. von MÖLLER 1985), ohne dass eine klare Definition oder theoretische Auseinandersetzung mit dem Begriff des Mediums stattfand. Vielmehr wurde dieses Wort eher unbewusst genutzt, um ein Mittel zur Übertragung von Informationen zu kennzeichnen. Der Begriff Medium wurde also oft nur im Sinne von Zeichenträger oder Abbildung verwendet.

### 2.1.2 (Taktile) kartographische Medien

In der Kartographie wird der Fachbegriff **kartographisches Medium**, der erst mit der Nutzung elektronischer Karten Eingang in die kartographische Terminologie gefunden hat, in zunehmenden Umfang aber bei weitem nicht einheitlich verwendet. Dies ist sicher auch auf die unterschiedliche Betrachtungsweise des allgemeinen Medienbegriffes zurückzuführen.

Da die Kartographie als Kommunikationswissenschaft stetig nach neuen Wegen für eine optimale Vermittlung von Informationen über die georäumliche Wirklichkeit sucht, gleichzeitig aber die multimodale Repräsentation von raumbezogenem Wissen in kartographischen Medien als ein Vorteil beim Wissenserwerb angesehen wird, ist die Betrachtung aller Medien (bzw. Medienelemente) in der Kartographie unbedingt erforderlich. Insofern entspricht die von BOLLMANN (2002) formulierte Definition „kartographische Medien sind Abbildungs-, Präsentations- und Kommunikationseinheiten, die im Rahmen der kartographischen Kommunikation angeboten oder mit deren Hilfe kartographische Informationen abgeleitet und gedanklich verarbeitet werden“ dieser Forderung (LdKG, Stichwort: kartographische Medien, Bd. 2, S. 30). Kartographische Medien können im Rahmen einer Klassifikation nach bestimmten Merkmalen differenziert werden, um die im kartographischen Kommunikationsprozess verfügbaren Formen der kartographischen Informationsverarbeitung systematisch zu beurteilen und die Eigenschaften der Informationsträger, die die Kodierung und nachfolgende Dekodierung von georäumlichen Sachverhalten ermöglichen, zu untersuchen.

Es ist also davon auszugehen, dass heute der Begriff kartographische Medien sämtliche analog und digital erstellten Karten; alle ebenen kartenverwandten Darstellungen, wie z.B. Luft-

und Satellitenbilder, Panoramen, Blockbilder, Profile oder Stereodarstellungen; dreidimensionale digitale kartenverwandte Darstellungen, wie z.B. Holographien; Anamorphosen; kartographische Animationen; multimediale kartographische Anwendungen; Reliefs und Globen umfasst. Daher bietet es sich an, von der ursprünglichen „Unterscheidung zwischen Karte und kartenverwandter Darstellung abzukommen und kartographische Medien als ein "Kontinuum" möglicher Repräsentationen des Georaums zu verstehen“ (A. MÜLLER 2000, S. 42)<sup>3</sup>.

Bisher wurde der Medienbegriff in Bezug auf die taktile Kartographie noch nicht eindeutig festgelegt. Durch die Nutzung zeiteffizienter computerproduzierter Kartenvorlagen (d.h. digitale Kartendaten), die Möglichkeit des komplexen Zuganges zu geographischen Informationen durch multimediale Karten oder die Multimodalität der kartographischen Kommunikationsmöglichkeiten, werden die bisherigen Grenzen der klassischen taktilen Kartographie überschritten, so dass eine Erweiterung des Terminus taktile Karte unbedingt stattfinden muss. Folglich findet der Begriff der **kartographischen Medien** auch Eingang in die Terminologie der taktilen Kartographie und umfasst den gesamten Bereich der traditionellen taktilen Karten und der so genannten "neuen taktilen kartographischen Medien".

Taktile kartographische Medien stellen eine relativ kleine Randgruppe aus der Gesamtheit der kartographischen Medien dar, die für einen kleinen aber sehr spezifischen Nutzerkreis ausgerichtet sind und stetig weiterentwickelt werden. Ähnlich wie visuell lesbare kartographische Medien lassen sie sich nach ihren Merkmalen klassifizieren und segmentieren. Eine eindeutige Strukturübersicht bietet die Aufstellung einer Taxonomie taktiler kartographischer Medien (vgl. Kap. 2.2.2), innerhalb derer mehrere Klassifikationen durchgeführt werden können. Bei der Definition von Merkmalsgruppen muss zum Teil nach anderen Kriterien differenziert werden als in der visuellen Kartographie, um die für die taktilen kartographischen Medien wesentlichen Strukturen, Nutzungsformen oder Herstellungsformen erfassen zu können.

Wesentliche festgelegte Merkmalsgruppen innerhalb einer Klassifikation, die für die Gesamtheit aller kartographischen Medien gelten, können bei einer ausschließlichen Klassifikation der taktilen kartographischen Medien von geringerer Bedeutung sein, wogegen andere spezifische Merkmale der taktilen kartographischen Medien verstärkt in den Vordergrund treten und hier von größerer Wichtigkeit sind.

Im Folgenden (vgl. Kap. 2.2.2) soll ein Vorschlag für eine Taxonomie der Gesamtheit aller taktilen kartographischen Medien unterbreitet werden. Zuvor ist jedoch die eindeutige Klärung des Terminus Taxonomie notwendig (vgl. Kap. 2.2.1).

---

<sup>3</sup> Eine ausführliche Untersuchung zur „Entwicklung und Bedeutung des Medienbegriffes in der Kartographie“ liefert u.a. die gleichnamige Studienarbeit von HEINRICH (2003).

## 2.2 Taktile kartographische Medien und ihre Taxonomie

In Form von **Taxonomien**<sup>4</sup> können Sachverhalte nach feststehenden Merkmalen und Regeln in eine systematische Ordnung gebracht bzw. zusammengefasst werden. Ursprünglich entstammt dieser Terminus der Biologie, seine Übertragung in die theoretischen Untersuchungen anderer Natur- und Sprachwissenschaften ist noch sehr jung. Taxonomien finden heute neben der Biologie vorwiegend in der Psychologie sowie in der Linguistik<sup>5</sup> aber auch in der Kartographie Anwendung.

Im Fachbereich der visuellen Kartographie werden nach BOLLMANN (2002) Karten „taxonomisch eindeutig klassifiziert, indem ein System von Merkmalsgruppen<sup>6</sup> definiert wird, mit dessen Hilfe gültige und relevante Kartenstrukturen sowie Kartenherstellungs- und Karten-nutzungsformen ohne Merkmalsüberschneidungen erfasst werden“ (BOLLMANN 2002, LdKG, Stichwort: Kartenklassifikation, Bd. 1, S. 435).

Ein wesentliches Ziel der **Kartentaxonomie** stellt dabei „u.a. das Ableiten von Nutzungs- und Kommunikationsbedingungen aus vorhandenen kartographischen Medien und umgekehrt das Ableiten von Karten aus vorgegebenen Nutzungs- und Kommunikationsbedingungen“ dar (BOLLMANN 2002, LdKG, Stichwort: Taxonomie, Bd. 2, S. 358). Um aus den vorgegebenen Nutzungs- und Kommunikationsbedingungen taktile Karten bzw. taktile kartographische Medien für spezielle Nutzergruppen ableiten und konzipieren zu können, muss im Vorfeld die Aufstellung einer systematischen Beurteilung sowie praktischen Einschätzung von den im taktilen kartographischen Kommunikationsprozess zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der Informationsverarbeitung und Informationsübertragung erfolgen.

Die Aufstellung einer Taxonomie für taktile kartographische Medien bedarf daher der genauen Untersuchung von unterschiedlichen Eigenschaften und Charakteristiken (d.h. Gleichheiten und Unterschiede). Durch die einheitliche und damit untereinander vergleichbare Zuordnung von Merkmalen sollen die taktilen kartographischen Medien eindeutig charakterisiert werden, um daraus konkrete Bedingungen für die Kartenherstellung und Kartennutzung ableiten und konzipieren zu können.

Da die Gestaltung von taktilen kartographischen Medien immer in enger Rückkopplung mit den zukünftigen Nutzern erfolgen sollte, stellt auch die Durchführung von Befragungen sowie die Verarbeitung der aus den empirischen Untersuchungen gewonnenen Informationen eine wichtige Voraussetzung zum optimalen Konzipieren, Ableiten und Gestalten von taktilen kartographischen Medien dar (vgl. Kap. 6.4).

---

<sup>4</sup> Der aus dem Griechischen stammende Begriff Taxonomie bedeutet Anordnungsgesetz [Táxis = "(An)ordnung" und nomos = Gesetz] und ist "die methodisch ausgerichtete Wissenschaft von den Prinzipien, Verfahren, Ergebnissen und Verallgemeinerungen des Systematisierens" (BOLLMANN 2000).

<sup>5</sup> In der Biologie werden Taxonomien aufgestellt, um die Einordnung der Lebewesen in ein Kategoriensystem anhand ihrer natürlichen Beziehungen zueinander zu beschreiben. In der Psychologie geht es um die "Ordnung von Lernzielen im kognitiven Bereich nach zunehmender Komplexität, im affektiven Bereich nach zunehmender Internalisation und im psychosomatischen Bereich nach zunehmender Koordination von Leistungen" (BOLLMANN 2002, LdKG, Stichwort: Taxonomie, Bd. 2, S. 358). Als Teilgebiet der Linguistik befasst sich die Taxonomie mit der Segmentierung und Klassifikation von sprachlichen Einheiten im Strukturalismus.

<sup>6</sup> Von BOLLMANN (2000) stammt ein erster Vorschlag für die Erstellung einer Taxonomie für Karten und kartographische Medien, deren wichtigsten Merkmale die kartographischen Abbildungsbedingungen, Repräsentationsformen, Präsentationsformen, Kommunikationsformen sowie die kartographischen Handlungsfelder darstellen.

### 2.2.1 Klassifikation vs. Taxonomie

Um eine systematische Ordnung nach feststehenden Merkmalen und Eigenschaften von taktilen kartographischen Medien herstellen zu können, müssen ihre Gleichheiten und Unterschiede untersucht werden. Dabei wird jedes kartographische Medium durch die Zuordnung seiner Merkmale eindeutig charakterisiert und bewirkt damit die Bildung von entsprechenden zusammengehörigen Klassen.

Innerhalb einer **Taxonomie** wird sowohl segmentiert als auch klassifiziert. **Segmentieren** bedeutet im Allgemeinen das Zerlegen oder Aufgliedern von Dingen in einzelne Teilstücke, Segmente bzw. Abschnitte.

Unter **Klassifikation** kann man „sowohl den Prozess als auch das Resultat der Einteilung einer Menge oder Klasse von Individuen in Teilklassen verstehen“ (OGRISSEK 1980 a, S. 75-81). Bei einer Klassifikation, die stets nach bestimmten Merkmalen<sup>7</sup> erfolgt, kann also unter der Voraussetzung, dass bestimmte Merkmale übereinstimmen, etwas zusammengefasst und in entsprechende Klassen eingeteilt oder zugeordnet werden. Die einzelnen Teilklassen dürfen in der visuellen Kartographie keine gemeinsamen Elemente besitzen. Bei der Klassifikation von taktilen Karten kann eine Überschneidung von Teilklassen jedoch nicht immer vermieden werden.

Grundvoraussetzung zum Aufstellen einer Taxonomie für taktile kartographische Medien bilden Kenntnisse über bestehende Differenzen im Sinngehalt der zwei Fachbegriffe Taxonomie und Klassifikation.

Schon OGRISSEK (1980 a) wies darauf hin, dass eine eindeutige Klassifikation dadurch erschwert werden kann, dass „vielfach unterschiedliche Begriffe an das gleiche sprachliche Zeichen gebunden sind“ oder synonyme Wörter auftreten (S. 76). Daher soll zu Beginn dieses Kapitels grundlegend geklärt werden, worin der genaue Unterschied zwischen einer Klassifikation und einer Taxonomie besteht. In der folgenden tabellarischen Darstellung werden sich die Termini Kartenklassifikation, Klassifikation kartographischer Medien, Kartentaxonomie und Taxonomie kartographischer Medien gegenübergestellt.

Kartenklassifikation	Klassifikation kartographischer Medien	Kartentaxonomie	Taxonomie kartographischer Medien
<ul style="list-style-type: none"> <li>• bezieht sich nur auf die (traditionellen/ klassischen) Karten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bezieht sich auf die Gesamtheit der kartographischen Medien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bezieht sich nur auf die (traditionellen/ klassischen) Karten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bezieht sich auf die Gesamtheit der kartographischen Medien</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• zusammenfassen von übereinstimmenden Merkmalen in Teilklassen</li> <li>• Klassenbildung nach beliebig definierbarer Charakteristika oder feststehenden Merkmalen</li> </ul> <p>→ bildet eine systematische Ordnung</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassifikation - als 1. Bestandteil der Taxonomie</li> <li>• Segmentierung - als 2. Bestandteil der Taxonomie</li> </ul> <p>→ bildet eine hierarchische, systematische Ordnung</p>	

Tab. 2.2.1-1: Klassifikation vs. Taxonomie

Die Taxonomie stellt eine Hierarchie für taktile kartographische Medien auf, innerhalb derer ihre Darstellungsformen nach ihrer Wertigkeit systematisch geordnet werden. Die Gesamtheit einer Taxonomie ist generell statischer als eine reine Klassifikation. Eine systematische Klassenbildung nach beliebig definierbaren Charakteristika oder feststehenden Merkmalen ist nicht hierarchisch, da alle Klassen gleichberechtigt nebeneinander stehen können.

<sup>7</sup> Merkmal: i.d.R. wesentliche (invariante [unveränderlich bleibend]) Eigenschaften von Objekten; d.h. Merkmale sind klassenbildende Eigenschaften und kommen damit sämtlichen Objekten einer Klasse zu.

### 2.2.2 Aufstellung einer Taxonomie für taktile kartographische Medien

„Eine wissenschaftliche Klassifikation wird dann objektiv notwendig, wenn der zu untersuchende Gegenstandsbereich durch eine wachsende Anzahl von Kenntnissen unübersichtlich wird“ (OGRISSEK 1980 a, S. 76). Diese Aussage trifft auch für die Aufstellung einer Taxonomie für taktile kartographische Medien zu.

Da derzeit noch keine eigenständige Taxonomie für den gesamten Bereich der taktilen kartographischen Medien existiert, soll das Aufstellen einer solchen Medientaxonomie das Ziel dieses Kapitels sein. Zu Beginn des folgenden Ansatzes soll dem Vorhaben eine präzise Definition voraus gestellt werden:

Die **Taxonomie (taktiler) kartographischer Medien** beinhaltet sowohl das Klassifizieren von kartographischen Einheiten innerhalb der definierten Merkmalsgruppen (als erste äußere Struktur der Taxonomie) als auch das Segmentieren (als interne hierarchische Gliederung der Taxonomie). Sie soll durch Klassifizierung und Segmentierung der Informationsträger kartographischer Informationen, den übermittelten Informationsinhalten und deren medialen Unterstützung, dem Kode, mit dem die zu vermittelnden Informationen verschlüsselt werden, dem Aufbau sowie der Struktur des (taktilen) graphischen Zeichensystems, die Art der Informationsübermittlung und die codierten Informationen untersuchen, beschreiben und strukturieren, um daraus konkrete Bedingungen für die Kartennutzung oder Kartenerstellung ableiten und konzipieren zu können.

Die aufzustellende Taxonomie für taktile kartographische Medien soll also mit einem hierarchischen Aufbau von Merkmalen verbunden sein und eine ganzheitliche Übersicht aller Strukturelemente, die separat und unabhängig untersucht und beschrieben werden können, liefern. Zuerst soll eine **Klassifikation** nach definierten Merkmalen oder beliebig festgelegten Merkmalsgruppen taktiler kartographischer Medien stattfinden. Eine Klassifikation von taktilen Karten bzw. taktilen kartographischen Medien in gleichberechtigte, nebeneinander stehende Klassen von Merkmalen ist nicht hierarchisch, kann aber nach primären und sekundären Klassifikationsmerkmalen unterscheiden. Die Klassifikation liefert im Rahmen der Taxonomie eine erste äußere Übersicht.

Die **Segmentierung** des medialen Gefüges bildet den zweiten Bestandteil einer Taxonomie und kann hierarchisch z.B. nach der Komplexität, der Kompliziertheit oder der Abhängigkeit von Medienaspekten innerhalb eines medialen Gefüges aufgegliedert sein. Sie soll zu einer hierarchischen, systematischen Ordnung führen.

Als erster Bestandteil der Taxonomie sollen die taktilen kartographischen Medien nach einem wesentlichen Merkmal klassifiziert werden.

Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen (z.B. OGRISSEK 1980 a, HAKE, GRÜNREICH & MENG 2002) beschäftigten sich in den letzten Jahrzehnten im Rahmen der theoretischen Kartographie mit der Aufstellung einer zweckmäßigen Klassifikation für visuelle Karten und kartographische Medien, die aufgrund des kontinuierlichen wissenschaftlich-technischen Fortschrittes stetig neue Anforderungen an die Kartenklassifikation stellen und regelmäßig zeitgemäße Überarbeitungen erfordern.

Nach sporadischen Ansätzen zur Klassifikation taktiler Karten (BRAMBRING 1979, MÖLLER 1985) hat KOCH (1997 a) ein erstes System zur Gliederung taktiler Karten nach ihren primären und sekundären Klassifikationsmerkmalen wie folgt vorgeschlagen:



Abb. 2.2.2-1: Klassifikationsmerkmale taktiler Karten (KOCH 1997 a)

Dieses Klassifikationssystem schließt alle traditionellen taktilen Pläne, Karten und Atlanten, nicht aber den Bereich der neuen taktilen kartographischen Medien ein. Hier können primäre Klassifikationsmerkmale taktiler Karten für den gesamten Bereich der taktilen kartographischen Medien eine geringere Bedeutung aufweisen oder nur für einen Teilbereich taktiler kartographischer Medien relevant sein, während andere oder sekundäre Klassifikationsmerkmale taktiler Karten zu primären Klassifikationsmerkmalen taktiler kartographischer Medien werden (vgl. Abb. 2.2.2-2).

Um traditionelle taktile kartographische Medien systematisch zu ordnen, bietet sich eine **Klassifikation nach dem Merkmal Maßstab** und die Einordnung in ein geographisches Dimensionsstufenmodell für taktile Karten an (vgl. KOCH 1997 a; vgl. Kap. 5.3.2.4, Abb. 5.3.2.4-1).

Die Klassifikation nach dem Maßstab eignet sich jedoch nicht zur Aufstellung einer Taxonomie taktiler kartographischer Medien, da bei einer Vielzahl der neuen taktilen kartographischen Medien (wie. z.B. bei virtuellen taktilen Displays oder virtuellen taktilen Karten) der Maßstab kein wesentliches Merkmal darstellt, anhand dessen Gesetzmäßigkeiten der verschiedenen taktilen kartographischen Medien besser erkannt werden können. Die traditionelle allgemeine Einteilung in groß-, mittel- und kleinmaßstäbige Karten ist für die Gesamtheit der taktilen kartographischen Medien nicht möglich.

Abbildung 2.2.2-2 zeigt ein erstes System zur Gliederung taktiler kartographischer Medien nach ihren primären und sekundären Klassifikationsmerkmalen.

TAKTILE KARTOGRAPHISCHE MEDIEN						
PRIMÄRE KLASSIFIKATIONSMERKMALE:						
Gebrauchsform	Medienkode	Anzahl der Medienbausteine	Informationsträger	Zweckbestimmung	(Karten-) Thema	Darstellungsdimensionen
taktile Karten takt. Atlanten takt. Globen takt. Displays virt. Displays virt. Karten u.s.w. ...	visuell auditiv taktill visuell-taktill audio-visuell audio-taktill	Monomedien Dualmedien Multimedia	personal apersonal	Orientierung Mobilität Bildung u.s.w. ...	topographisch geprägt thematisch geprägt (z.B. Verkehrs- Bevölkerungs-, Siedlungs-, Vegetations-, Klima- oder Wirtschaftskarten)	2 D 2 1/2 D 3 D
SEKUNDÄRE KLASSIFIKATIONSMERKMALE:						
Maßstab	Abgebildeter Raum	Komplexitätsgrad	Medienaufbau	(Karten-) Reproduktion	Darstellungsmethode	sonstige Merkmale

Abb. 2.2.2-2: Klassifikationsmerkmale taktiler kartographischer Medien

Die **Klassifikation nach dem Merkmal Gebrauchsform**<sup>8</sup> gehört nach KOCH (1997 a) zu den sekundären Klassifikationsmerkmalen traditioneller taktiler Karten. Im Rahmen einer Taxonomie taktiler kartographischer Medien stellt die Klassifikation nach dem Merkmal Gebrauchsform (mit der entsprechenden Klassenbezeichnung Medienform<sup>9</sup>) eine primäre Klassifikationskomponente dar. Die Klassifikation nach der Gebrauchsform ermöglicht im weiteren Verlauf der Taxonomie-Aufstellung die genaue Auflistung aller Strukturkomponenten und Funktionalitäten taktiler kartographischer Medien (vgl. Abb. 2.2.2-7).

Die taktilen kartographischen Medien werden nach dem Merkmal Gebrauchsform wie folgt klassifiziert: Reliefs und Modelle, taktile Globen, taktile Karten, taktile Atlanten, taktile Displays, virtuelle taktile Displays, audio-taktile Dialogsysteme, elektronische Reisehilfen, GPS-

<sup>8</sup> Im Rahmen der Kartenklassifikation von OGRISSEK (1983) stellt die **Kartenform** (neben der Kartenkategorie, Kartenart, Kartentyp, Kartengruppe und Kartengattung) eine Klassenbezeichnung von Karten mit dem eindeutigen Merkmal der **Gebrauchsform** „z.T. auch als Nutzungsform, Erscheinungsform oder Veröffentlichungsform bezeichnet“ dar. Als Beispiele für die Gebrauchsform zählen Handkarten, Wandkarten, Atlaskarten oder Textkarten (ABC Kartenkunde, Stichwort: Kartenklassifikation, S. 289).

<sup>9</sup> Der neue Begriff **Medienform** ist als Klassenbezeichnung um ein Vielfaches weiter als der traditionelle Begriff der Kartenform von OGRISSEK (1983), d.h. traditionelle taktile Kartenformen nehmen nur einen kleinen Bestandteil im Gesamtbereich der taktilen kartographischen Medienformen ein.

gestützte Navigationssysteme und virtuelle taktile Karten. Dabei gehören Reliefs und Modelle, taktile Globen, taktile Karten und taktile Atlanten den traditionellen taktilen kartographischen Medien an, während taktile Displays, virtuelle taktile Displays, audio-taktile Dialogsysteme, elektronische Reisehilfen, GPS-gestützte Navigationssysteme und virtuelle taktile Karten zu den neuen taktilen kartographischen Medien zählen, wobei sich der Begriff "neue Medien" auf die technischen Medien der Individualkommunikation bezieht (vgl. Abb. 2.2.2-3). Bei Bedarf können dieser Klassifikation nach der Medienform weitere Merkmalsgruppen systematisch hinzugefügt werden.

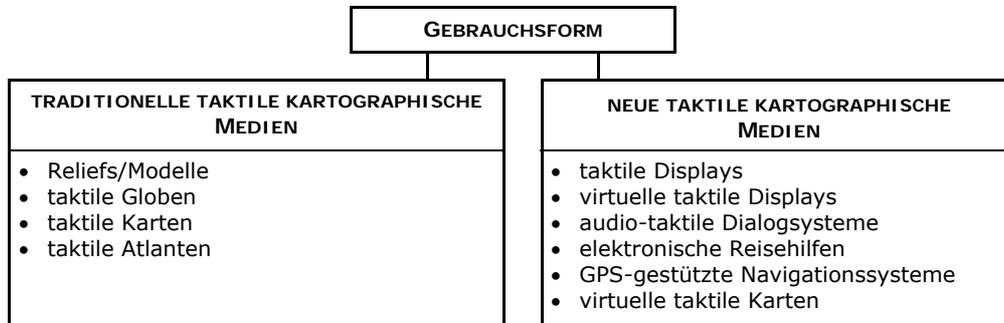


Abb. 2.2.2-3: Klassifikation nach der Gebrauchsform

Aufbauend auf der vorliegenden Klassifikation nach dem Merkmal der Gebrauchsform sollen im zweiten Teil der Taxonomie die medialen Segmente zerlegt bzw. aufgegliedert werden. Ähnlich wie bei einer Klassifikation kann bei der Segmentierung nach verschiedenen Kriterien, wie z.B. der Art der Medienvermittlung, der Komplexität, Kompliziertheit, Abhängigkeit oder der Beschaffenheit von Medien, strukturiert werden. Beispielsweise eignet sich eine Segmentierung nach der Art der Medienvermittlung als hierarchische Grundstruktur, um eine Taxonomie aufzustellen, bei der nach den primären Klassifikationsmerkmalen Zweckbestimmung, Informationsvermittlung oder dem Komplexitätsgrad klassifiziert werden soll.

Zur Aufstellung einer Taxonomie taktiler kartographischer Medien, bei der die Gebrauchsform als Klassifizierungsmerkmal dient, eignet sich eine Form der **Segmentierung**, bei der die Wesensarten und Eigenschaften von Medien genau aufgezeigt werden.

WEIDENMANN (1994) unternahm aus Sicht der pädagogischen Psychologie Untersuchungen, um die genaue Bedeutung sowie Beschaffenheit des Medienbegriffes zu klären. Im Bereich der Medienpsychologie, die unter der Vielfalt des Medienbegriffes sehr leidet, unterscheidet er zur Untersuchung der Medienbeschaffenheit zwischen vier verschiedenen **Aspekten von Medien**: der Hardware (als das vermittelnde Gerät), der Software (als das übermittelte Programm), dem Symbolsystem (als die Kodierung des Übermittelten) und der Botschaft (als das Vermittelte).

Da die Segmentierung im Rahmen einer Taxonomie für taktile kartographische Medien die allgemeine Aufgliederung und Ordnung des Medienbegriffes erfordert, bietet es sich an, hierfür die Aufteilung des Medienbegriffes in die vier Medienaspekte Hardware, Software, Symbolsystem und Botschaft von WEIDENMANN (1994) aus der Medienpsychologie zu übernehmen und den Medienbegriff so für den Bereich der taktilen Kartographie nach seiner Wesensart und Beschaffenheit zu segmentieren.

Die vier Medienaspekte sollen fortan als hierarchischer (Struktur-) Baustein bei der Segmentierung taktiler kartographischer Medien, die den zweiten Bestandteil der aufzustellenden Taxonomie bildet, dienen (vgl. Abb. 2.2.2-4).

<b>TAXONOMIE TAKTILER KARTOGRAPHISCHER MEDIEN</b>	
<b>1. KLASSIFIKATION NACH:</b>	<b>2. SEGMENTIERUNG IN:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Gebrauchsform taktiler kartographischer Medien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Medienaspekt - Hardware</li> <li>• den Medienaspekt - Software</li> <li>• den Medienaspekt - Symbolsystem</li> <li>• den Medienaspekt - Botschaft</li> </ul>

Abb. 2.2.2-4: Grundgerüst der Taxonomie für taktile kartographische Medien

Im Folgenden sollen die Merkmalsgruppen der vier Medienaspekte Hardware, Software, Symbolsystem und Botschaft genau untersucht werden.

Dazu bietet die tabellarische Übersicht 2.2.2-5 einen zusammenfassenden Überblick über die Zuordnung der Merkmale taktiler kartographischer Medien zu ihren Medienaspekten Hardware, Software, Symbolsystem und Botschaft.

1. HARDWARE	2. SOFTWARE	3. SYMBOLSYSTEM	4. BOTSCHAFT
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeichenträger (Träger der Information)</li> <li>• Datengrundlage, Datenformate, Datenausgabe</li> <li>• Speichermedium</li> <li>• Ausgabegerät</li> <li>• <i>Mobilität des Mediums</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbildungs- und Repräsentationsformen</li> <li>• Medienerscheinung</li> <li>• Mediale Unterstützung</li> <li>• mediale Umgebung</li> <li>• Konstruktionsmethoden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strukturelemente taktiler kartographischer Medien (graphische Gestaltung, Komplexität, kartographische Abstraktion, Kartenblattgestaltung, Maßstab, zusätzliche Strukturelemente der neuen Medienanwendungen)</li> <li>• <i>angesprochener Sinneskanal</i></li> <li>• <i>verwendetes Symbolsystem</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die durch die Medien übermittelten Inhalte und Informationen</li> <li>• <i>(erfüllte) Funktionen der konzipierten Medien (vgl. Kap. 4.2)</i></li> <li>• <i>Disposition der Benutzer (vgl. Kap. 6.1.2-A)</i></li> </ul>
<p>→ weisen alle Merkmale der übertragenden technischen Ausstattung auf</p> <p>→ mediale Präsentation</p> <p>→ der materielle Aspekt bestimmt die Mobilität des Mediums</p> <p>→ <b>präsentieren</b> den Gegenstand</p>		<p>→ weisen die Merkmale eines vermittelnden Symbolsystems auf</p> <p>→ der symbolische Aspekt bestimmt die psychologische Qualität der Interaktion von Medium und Medienbenutzer</p> <p>→ <b>vermitteln</b> den Inhalt</p>	
<p>→ alles zusammen charakterisiert ein taktiler kartographisches Medium</p>			

Abb. 2.2.2-5: Zuordnung der Merkmalsgruppen taktiler kartographischer Medien

### A) Der Medienaspekt Hardware

**Hardware** bezeichnet die „Stofflichkeit eines Mittlers“ (WEIDENMANN 1994, S. 497). Sie ist ein vermittelndes konkretes Gerät (z.B. Computer, Bildschirm, Fernsehgerät) und bzw. oder der Träger von Informationen (z.B. Papier, PVC Folie, Schwellpapier). Der Begriff Hardware steht sowohl für das **"womit"** als auch das **"worauf"** die kartographischen Informationen darstellbar gemacht, übertragen, verarbeitet oder gespeichert werden sollen. Der Medienaspekt Hardware beinhaltet die Merkmalsgruppen Ausgabegerät, Zeichenträger, Speichermedium, Datengrundlage, Datenausgabe und Datenformat. Diese Merkmalsgruppen stellen zugleich wichtige Strukturkomponenten taktiler kartographischer Medien dar (vgl. Kap. 5.3.1-A).

Da der materielle Hardware-Aspekt auch die **Mobilität** der taktilen kartographischen Medien bestimmt, sollte deren Beweglichkeit in eine differenzierte Beschreibung mit einbezogen werden. Vor allem die neuen taktilen kartographischen Medien sind in Ihrer Beweglichkeit sehr eingeschränkt, da sie nur da genutzt werden können, wo die entsprechende Technik verfügbar und installiert ist. Traditionelle taktile kartographische Medien wie Karten und Mobilitätspläne bedürfen dagegen keiner technischen Geräte und können flexibel überall genutzt werden. Dagegen sind größere Modelle oder Reliefs aufgrund des Gewichtes in ihrer Mobilität oft sehr beschnitten.

### B) Der Medienaspekt Software

Die **Software** charakterisiert das übermittelte Programm, die ausgegebenen Daten und/oder die wahrnehmbaren Informationsinhalte auf dem Zeichenträger (z.B. Fernsehfilm, Text, Lernprogramm im Computer, graphische visuelle oder taktile Abbildung auf dem Trägermaterial) und beschreibt, **"wie"** die Information an den jeweiligen Medienbenutzer übermittelt werden.

Der Medienaspekt Software umfasst für taktile kartographische Medien die fünf Merkmalsgruppen Abbildungs- und Repräsentationsformen, Medienerscheinung, mediale Unterstützung, mediale Umgebung sowie Konstruktionsmethoden. Auch die Merkmalsgruppen des Medienaspektes Software stellen gleichzeitig wichtige Strukturkomponenten taktiler kartographischer Medien dar (vgl. Kap. 5.3.1-B).

### C) Der Medienaspekt Symbolsystem

Das **Symbolsystem** bezeichnet den Kode, mit "**welchem**" die zu vermittelnden Informationen verschlüsselt sind. Ein taktiles kartographisches Medium kann unter dem Medienaspekt Symbolsystem nach den Merkmalen angesprochenen Sinneskanal, verwendetes Symbolsystem sowie den Strukturelementen taktiler kartographischer Medien (graphische Gestaltung, Komplexität, kartographische Abstraktion, Kartenblattgestaltung, Maßstab und den zusätzlichen Strukturelementen der neuen Medienanwendungen) differenziert beschrieben werden.

Die Wahrnehmung mit den fünf **Sinneskanälen** (Seh-, Hör-, Tast-, Geruchs- und Geschmackssinn) ist die wichtigste Voraussetzung für den kognitiven Lern- und Bildungsprozess. Im Anwendungsbereich der taktilen kartographischen Medien wird vorrangig der taktile Sinneskanal angesprochen. Dabei ist es gerade im Bereich der taktilen Kartographie besonders notwendig, mehrere Sinne gleichzeitig anzusprechen und miteinander zu kombinieren, um eine erweiterte Übertragung kartographischer Informationen zu ermöglichen. Der auditive oder der mit sehr starken Einschränkungen geeignete visuelle Sinneskanal kommen bei einer Reihe von Anwendungen nur in der Kombination mit dem taktilen Sinneskanal vor (z.B. audio-taktilen Anwendungen, zusätzliche farbliche Kartengestaltung). Rein auditive Komponenten, wie z.B. Sprache, Geräusche oder Musik, sind als alleinige Werkzeuge zur Informationsübertragung in der taktilen Kartographie nicht verwendbar. Eine Ausnahme bilden GPS gestützte Navigationssysteme für Blinde, die der selbständigen Orientierung und Fortbewegung in einer unbekanntem Umgebung dienen.

Alle Medien lassen sich danach unterscheiden, welches **Symbolsystem** sie verwenden. Bei einem Text ist die zu übermittelnde Information im Symbolsystem Sprache (natürliche Sprache) kodiert, bei einem Diapositiv ist es ein bildliches Symbolsystem (Bildsprache), bei einem Film handelt es sich um ein sprachliches sowie bildliches Symbolsystem. (Taktile) Karten sind in einer künstlichen Sprache, der (taktilen) kartographischen Zeichensprache kodiert.

Die umfangreichste Komponente des Symbolsystems umfasst die Untersuchung und Analyse der **Strukturelemente** traditioneller sowie neuer taktiler kartographischer Medien, die durch die Kodierung entscheidend mitbestimmt und geprägt werden. Alle Karten- bzw. Medienelemente müssen entsprechend ihrem Anspruch, Umfang sowie dem Ziel der kartographischen Informationsübermittlung strukturiert und auf dem Zeichenträger richtig angeordnet werden. In Kapitel 5.3.2 erfolgt die ausführliche Untersuchung aller Strukturelemente taktiler kartographischer Medien im kartographischen Modellierungsprozess aus kartosemiotischer Sicht. Im Rahmen dieser Strukturanalyse werden die graphische Gestaltung, die Komplexität, die kartographische Abstraktion, die Kartenblattgestaltung, der Maßstab sowie die zusätzlichen Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien, wie z.B. Ton- und Sprachvariablen, Vibrationen oder die Informationsebenen audio-taktiler Dialogsysteme, analysiert.

Dem Symbolsystem werden also die Attribute zugeordnet, die für das Vermitteln und Transportieren von Informationen verantwortlich sind. Durch die Nutzung verschiedener Signal- bzw. Zeichensysteme, einer entsprechenden Strukturierung sowie dem Ansprechen unterschiedlicher Sinneskanäle werden die zu vermittelnden Informationen nicht einfach nur übertragen, sondern auch medienspezifisch verändert und für entsprechende Zielgruppen aufbereitet. Der Medienaspekt Symbolsystem, in dem die relevanten Informationen der Medien kommuniziert werden, bestimmt damit die psychologische Qualität der Interaktion zwischen Medium und Medienbenutzer.

## D) Der Medienaspekt Botschaft

Die **Botschaft** ist das im Symbolsystem Vermittelte (Inhalt) und stellt in der Kartographie das Resultat einer effektiven und wirkungsvollen Übermittlung von Informationen und Wissen über den kartographisch abgebildeten Georaum dar. Es handelt sich um relevante Informationen, die mit Hilfe eines kartographischen Mediums codiert übermittelt werden, wie z.B. bekannte und/oder neue Aussagen über bestimmte Sachverhalte oder Informationen über das Aussehen und Auftreten von Objekten im Raum. Im Medienaspekt Botschaft findet der Dekodierungsprozess in Abhängigkeit von der individuellen kartographischen Disposition der Mediennutzer statt. Dabei nehmen die Medienbenutzer an Kommunikationsprozessen teil, gewinnen neue (Er-) Kenntnisse über z.T. fachspezifische Sachverhalte, die wiederum das weitere Denken, Handeln und Planen der jeweiligen Nutzer beeinflussen können. Der Medienaspekt Botschaft steht in der Kartographie für das Ziel, das "**was**" von den konzipierten kartographischen Medien an die jeweiligen Nutzergruppen "**wozu**" vermittelt werden soll.

Tabelle 2.2.2-1 liefert eine Übersicht über die Taxonomie taktiler kartographischer Medien, klassifiziert nach der Gebrauchsform und segmentiert nach der Beschaffenheit taktiler kartographischer Medien mit Hilfe der von WEIDENMANN (1994) geprägten Termini der vier Medienaspekte Hardware, Software, Symbolsystem und Botschaft, die ihren Ursprung in der Medienpsychologie haben und hier erstmalig auf den Bereich der taktilen kartographischen Medien übertragen worden sind.

Die Segmentierung der taktilen kartographischen Medien in die vier Medienaspekte stellt innerhalb der Taxonomie die Hierarchie auf, in welcher der Aspekt höherer Ordnung jeweils den Aspekt niederer Ordnung bedingt und auf ihn aufbaut.

In der untersten Hierarchieebene steht die **Hardware-Komponente** in Form eines Gerätes oder Zeichenträgers, also das "womit" oder "worauf" eine kartographische Information dargestellt und übertragen werden kann. Das Vorhandensein eines geeigneten Zeichenträgers bildet grundsätzlich die erste mediale Voraussetzung, um überhaupt (kartographische) Informationen und Wissen den Kartennutzern präsentieren zu können.

Die **Software-Komponente**, das "wie" die kartographischen Informationen an den Anwender übermittelt werden, stellt die nächste Voraussetzung zur Präsentation von kartographischen Informationen dar, die ohne das "womit" hinfällig, also nicht realisierbar wäre. Hard- und Software zusammen präsentieren den materiellen Bestandteil eines Mediums.

Mit Hilfe des **Symbolsystems**, der Kodierung, mit der die zu vermittelnden Informationen verschlüsselt sind, werden die darzustellenden Sachverhalte auf dem jeweils ausgewählten Zeichenträger präsentiert und entsprechend strukturiert. Bei der Verschlüsselung von topographischen Informationen oder thematischen Sachverhalten werden für die darzustellenden Karteninhalte im Rahmen der graphischen Gestaltung taktile Kartenzeichen modelliert, ein geeigneter Maßstab ausgewählt, stark abstrahiert und das Kartenblatt gestaltet. Damit ist das Symbolsystem für die Vermittlung von Inhalten zuständig.

Eine Klassifikation in visuelle, auditive, audiovisuelle, taktile, und audio-taktile Medien geht ebenfalls von den Merkmalen des Symbolsystems aus. Es können gezielt bestimmte Sinneskanäle angesprochen werden. Das Symbolsystem setzt sowohl die Hardware- als auch die Software-Komponente voraus und liegt in der Hierarchieebene der vier Medienaspekte an dritthöchster Stelle.

Die **Botschaft**, d.h. das im Symbolsystem Vermittelte, die erzielten Aussagen über die kartographisch dargestellten Sachverhalte der georäumlichen Wirklichkeit, die Erfüllung der vorbestimmten Karten- bzw. Medienfunktionen sowie die individuelle Nutzung der aus den Aussagen gewonnenen Informationen stellen das Ziel der Konzeption taktiler kartographischer Medien dar und bilden die oberste Hierarchieebene aller vier Medienaspekte.

2. Taktile kartographische Medien als spezieller Medienbereich der Kartographie

		/→ traditionelle taktile kartographische Medien /→				neue taktile kartographische Medien					
<b>MEDIEN</b> KLASSIFIKATION & SEGMENTIERUNG	<b>KLASSIFIKATION</b> NACH DER GE- BRAUCHSFORM	<b>RELIEFS &amp; MODELLE</b>	<b>TAKTILE GLOBEN</b>	<b>TAKTILE KARTEN</b>	<b>TAKTILE ATLANTEN</b>	<b>TAKTILE DISPLAYS</b>	<b>VIRTUELLE TAKTILE DISPLAYS</b>	<b>AUDIO-TAKTILE DIALOG- SYSTEME</b>	<b>ELEKTRONISCHE REISEHILFEN</b>	<b>NAVIGATIONS- SYSTEME MIT GPS</b>	<b>VIRTUELLE TAKTILE KARTEN</b>
<b>SEGMENTIEREN</b> IN DIE VIER MEDIENASPEKTE	Beispiele → Merkmale der Medienaspekte	(zum Teil) großräumige Reliefs	Erdglobe	Mobilitätspläne, topographische & thematische Karten	Weltatlas mit thematischen & topographi- schen Karten	Optacon, Braille- Großdisplay DMD 120060	VierTouch Mouse, TVSS, TIM	AudioTouch, TACIS, TAG, TTT	Atlas speaks & Atlas Strider, MoBIC MoTA	Weg&Ziel, CityGo System	KnowWhere™
<b>HARDWARE</b> - WOMIT ? - ↓ - WORAUF ? -	konkretes Gerät:	-	-	-	-	Stiftplatte, Computer	Stifte-Maus, Computer	PC (Braille- Zeile, Touch- tablett, Laut- sprecher)	PC (Touchtab- lett, GPS- Emp- fänger Laut- sprecher)	Navigationsge- rät, GPS- Empfänger, Kopfhörer,	glatte Unterla- ge (z.B. Leuchttisch), Lautsprecher,
	Datenausgabe / Datengrundlage	analog analog		analog analog und digital		digital digital	bewegbare Stifte	analog u. digital digital	analog u. digital digital	digital digital	digital digital
	Trägermaterial (Zeichenträger)	Gips, Holz, Plastik, Pappe, Papier...	Plastik	Schwellpapier, PVC Folie		<i>digitale Datenübertragung auf die beweglichen Stifte</i>		Schwellpapier, PVC Folie <i>digitale Daten- übertragung auf Touchtablett</i>	Schwellpapier, PVC Folie / <i>digitale Daten- übertragung auf Tablett/Kopfhörer</i>	<i>digitale Daten- übertragung auf Kopfhörer</i>	<i>basiert auf opti- scher Gestener- kennung</i>
<b>SOFTWARE</b> ↓ - WIE ? -	das übermittelte Programme bzw. wie die Information übermittelt wird	Abbild bzw. Modell einer Umgebung	taktil bzw. Abbild der Welt	taktil bzw. taktil Abbildung auf dem Karten- blatt	taktil bzw. taktil Abbildungen auf mehreren Kartenblättern	einfache taktil Abbildung, kommt durch Stiftanordnung auf der Platte zustande	sehr einfache taktil Abbildung, kommt durch stetige Stiftbewegung auf der Maus zustande	taktil Karten- blatt, Bild- schirmkarte, übermittelte Ton, Text, Ge- räusche u. Vib- rationen	taktil Karten- blatt, Bild- schirmkarte, übermittelte Daten, Ton, Geräusche u. Text	übermittelte Daten (Text, Ton, Ge- räusche)	übermittelte Daten (Text, Ton, Ge- räusche)
<b>SYMBOL- SYSTEM</b> ↓ - WELCHE ? - ↓ ↑	angesprochener Sinneskanal	taktil und visuell	taktil und visuell	taktil (z.T. visuell)	taktil (z.T. visuell)	taktil	"punktuell" taktil	taktil, auditiv (z.T. visuell)	taktil, auditiv (z.T. visuell)	auditiv	auditiv
	Signalsystem [Kode]	taktil bildliches Symbolsystem → (taktil) Bildsprache z.T. sprachliches Symbolsystem → Braille-Schrift / Schwarzschrift	taktil bildliches Symbolsystem → (taktil) Bildsprache sprachliches Symbolsystem → Braille-Schrift / Schwarzschrift	taktil bildliches Symbolsystem → (taktil) Bildsprache sprachliches Symbolsystem → Braille-Schrift / Schwarzschrift	taktil bildliches Symbolsystem → (taktil) Bildsprache sprachliches Symbolsystem → Braille-Schrift / Schwarzschrift	taktil bildliches Symbolsystem → (taktil) Bildsprache	taktil "punk- tuell" bildliches Symbolsystem	taktil bildliches Symbolsystem → (taktil) Bildsprache sprachliches Symbolsystem → Braille-Schrift / Schwarzschrift (geschriebene Sprache)	taktil bildliches Symbolsystem → (taktil) Bildsprache sprachliches Symbolsystem → Braille-Schrift / Schwarzschrift (geschriebene Sprache)	sprachliches Symbolsystem → gesprochene Sprache	sprachliches Symbolsystem → gesprochene Sprache
	Strukturelemen- te im Modell- ierungsprozess → <b>Strukturanalyse</b> (vgl. Kap. 5.3)	• (graphische) Gestaltung • Modellbelastung (tastbare Details) • Informationsbelastung • Maßstab • Abstraktionsgrad • Mediengestaltung	• (graphische) Gestaltung • Komplexität • Maßstab • Abstraktionsgrad • Kartenblattgestaltung	• (graphische) Gestaltung • Komplexität • Maßstab • Abstraktionsgrad • Kartenblattgestaltung	• (graphische) Gestaltung • Komplexität • Maßstab • Abstraktionsgrad • Kartenblattgestaltung	• graphische Gestaltung • Komplexität • Maßstab • Abstraktionsgrad • auditive Variablen • Zoomfunktionen • Interaktivität	• graphische Gestaltung • Komplexität • Maßstab • Abstraktionsgrad • auditive Variablen • Zoomfunktionen • Interaktivität	• graphische Gestaltung • Komplexität • Maßstab • Abstraktionsgrad • Kartenblattgestaltung • auditive Variablen • Informationsebenen • Interaktivität	• graphische Gestaltung • Komplexität • Maßstab • Abstraktionsgrad • Kartenblattgestaltung • auditive Variablen • Informationsebenen • Interaktivität	• Informations- belastung • auditive Variablen • Zoomfunktion • Interaktivität	• Ausgabe- format • Anzahl von Attributen • auditive Variablen • Zoomfunktion • Interaktivität
<b>WECHSELWIRKUNGEN</b> VON STRUKTUR UND FUNKTION TAKTLER KARTOGRAPHISCHER MEDIEN (vgl. Kap. 6)											
<b>BOTSCHAFT</b> ↓ - WAS ? - → & - Wozu ? - →	das im Symbolsystem Vermittelte	→ Repräsentation der Gesamtheit der im taktilen kartographischen Medium zu übermittelnden codierten Informationen: Der Prozess der Wahrnehmung → Dekodierung → Lesens → Interpretation → Gewinnung von neuen Erkenntnissen über die georäumliche Wirklichkeit → Nutzung der neu gewonnen (Er-) Kenntnisse erfolgt in starker Abhängigkeit von der kartographischen Disposition der Nutzer (vgl. Kap. 6.1.2-A)									
	Funktionalitäten → <b>Die Funktionen</b> (vgl. Kap. 4.2)	• geographische Grundausbildung in der Schule • Aus- und Weiterbildung	• Geograph. Grundausbildung • Aus- und Weiterbildung • Routenplanung durch Gelände • Orientierung im Gelände	• Weiterbildung • Erkundung von einfach strukturierten graphischen Abbildungen auf dem Bildschirm	• geograph. Grundausbildung • Aus- und Weiterbildung • Orientierung, Freizeit, Reise- und Routenplanung	• Orientierung unterwegs	• Erkundung von unbekanntem Gelände • Orientierung				

Tab. 2.2.2-1: Medientaxonomie taktiler kartographischer Medien

### 3 Analyse zum internationalen Forschungsstand auf dem Gebiet taktiler kartographischer Medien

Die Erstellung und Nutzung von taktilen kartographischen Medien stellt ein Randgebiet der Kartographie dar, dessen Bedeutung im Laufe der Zeit aber deutlich zugenommen hat. In den letzten vier Jahrzehnten hat sich die taktile Kartographie in Bezug auf die Erfassung, Verarbeitung, Übertragung und die taktile graphische Darstellung von georäumlichen Informationen enorm weiterentwickelt, so dass ihre Bedeutung für den blinden und sehbehinderten Anteil der heutigen Informationsgesellschaft erheblich gewachsen ist. In den letzten zehn bis fünfzehn Jahren konnten sich Begriffe wie Digitalkartographie, Geoinformationssystem, Multimedia oder Interaktivität auch in dem Randbereich der taktilen Kartographie fest etablieren und deuten an, dass sich der anfangs nur die visuelle Kartographie betreffende Paradigmawechsel inzwischen auch auf diesem Gebiet nach und nach durchgesetzt hat. Dabei treiben Forschung und Lehre die Entwicklung neuer taktiler kartographischer Medien stetig voran und beeinflussen damit im rückkoppelnden Sinne die sowohl theoretische und methodische als auch technologische Fortentwicklung. Die nachfolgende Analyse beschäftigt sich mit den bisherigen praktischen sowie theoretischen Untersuchungsgegenständen taktiler kartographischer Medien und erfasst den gegenwärtigen internationalen Entwicklungsstand der Forschung.

#### 3.1 Analyse zum Entwicklungsstand traditioneller taktiler kartographischer Medien

Auf dem Gebiet der (traditionellen) Herstellung von großflächigen Reliefs, Karten und Plänen für Blinde und Sehgeschädigte hat sich in den vergangenen vier Jahrzehnten eine bemerkenswerte Entwicklung vollzogen. Zahlreiche Beispiele an funktions- und nutzergerecht gestalteten taktilen Karten und Plänen in allen Dimensions- bzw. Maßstabsbereichen wurden weltweit entwickelt und können den stetigen Erfolg einer optimalen taktilen Kartengestaltung belegen<sup>1</sup>.

Bereits 1951 stellte der Blindenoberlehrer KARL MESSERSCHMIDT auf dem 21. Blindenlehrerkongress in Hannover erste grundlegenden Richtlinien zu Größe, Stabilität und zur graphischen Gestaltung von blindengemäßen Lehrmitteln zusammen und sprach sich schon damals für die Anwendung von kontrastreichen Farben in tastbaren Abbildungen aus<sup>2</sup>. Dennoch unterschieden sich alle unabhängig voneinander entwickelten taktilen Karten in ihrer Grundstruktur (z.B. graphische Gestaltung, Komplexität, Konstruktion, Größe) beträchtlich voneinander, da es zu diesem Zeitpunkt weitgehend fachwissenschaftlich ungeklärt blieb, wie taktile Abbildungen strukturiert sein müssen, damit ein blinder Kartennutzer die Informationen wahrnehmen, aufnehmen und optimal verarbeiten kann<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Die Literatur zur Geschichte der taktilen Kartographie hat ein großes Ausmaß angenommen, so dass stellvertretend nur einige Publikationen angeführt werden sollen: PODSCHADLI (1984, 1986), HUDELMAYER (1986).

<sup>2</sup> In den Anfängen der Blindenbildung wurden die für den Unterricht an Blindenschulen erforderlichen kartographischen Hilfsmittel einzig und allein von Blindenlehrern erstellt, die für die Herstellung ihrer taktilen Abbildungen, bei denen es sich ausschließlich nur um Unikate handelte, vor allem seidene Schnüre, Draht, aufgeklebten Sand und Stecknadelköpfe unterschiedlicher Größen verwendeten.

<sup>3</sup> Die damaligen taktilen Karten wiesen allesamt eine mangelnde Differenziertheit und Klarheit auf und waren von blinden Nutzern nur schwer zu lesen und zu interpretieren. Diese mangelnde Qualität führte schließlich dazu, dass Blindenlehrer die taktilen Karten nur im begrenzten Umfang in ihrem Unterricht verwenden konnten. Daraus resultierte das fehlende Verständnis geographischer Zusammenhänge bei blinden und vor allem geburtsblinden Kindern, wodurch die effektiven Einsatzmöglichkeiten taktiler Karten und Pläne wiederum erschwert wurden.

Anfang der **1970er Jahre** beschäftigten sich viele Autoren, neben den Untersuchungen zur Wahrnehmung, Raumvorstellung und geographischen Orientierung Sehgeschädigter oder den grundsätzlichen Erschwernissen des Lesens und Interpretierens taktiler Landkarten, intensiv mit praktischen strukturellen Problemstellungen und Fragen der graphischen Gestaltung, wie z.B. der Auswahl und Gestaltung optimaler tast- und voneinander diskriminierbarer Zeichen und den Schwierigkeiten bei der Anordnung taktiler Symbole auf einer Landkarte (z.B. FRANKS & NOLAN 1971, NOLAN & MORRIS 1971<sup>4</sup>, JAMES & GILL 1972, KIEFNER 1972, JAMES 1973, ARMSTRONG 1973, BENTZEN 1972, KIDWELL & GREER 1973<sup>5</sup>).

LEONARD & NEWMAN (1970)<sup>6</sup> führten eine der ersten **empirischen Untersuchungen zur Nutzung** taktiler Landkarten mit Blinden durch. Im Laufe der 1970er Jahre folgten weitere Testreihen mit blinden, sehbehinderten oder sehenden Probanden mit verbundenen Augen, um Effektivität und Funktionalität taktiler Karten zu untersuchen und strukturelle Optimierungsmöglichkeiten im Hinblick auf Komplexität, Konstruktionsweise (Bauweise) und graphische Gestaltung zu ermitteln. Derartige Untersuchungen wurden u.a. von BENTZEN (1972), JAMES (1973), BRAMBRING (1975<sup>7</sup>, 1977) oder BRAMBRING & LAUFENBERG (1979) durchgeführt. Die systematische gestalterische Durchdringung im Gesamtprozess der taktilen Kommunikation und der zweckorientierten Kartennutzung spielte in den folgenden zwei Jahrzehnten (1980er und 1990er Jahre) eine zunehmend stärkere Rolle. Anhand von Muster- oder neu entwickelten Karten wurden zahlreiche empirische Untersuchungen, Fallstudien bzw. Experimente<sup>8</sup> zur optimalen taktilen Kartengestaltung sowie zum geographischen Orientierungsvermögen Blinden und Sehbehinderter durchgeführt. Oftmals führten diese Studien zu Ergebnissen, die eine teilweise Änderung der kartengestalterischen Parameter unbedingt erforderten.

In den **1980er Jahren** richteten sich die internationalen Bemühungen bzw. Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Erstellung von taktilen kartographischen Hilfsmitteln, neben den intensiven Auseinandersetzungen mit einer blindenspezifischen graphischen Umsetzung von kartographischen Produkten in Reliefdarstellungen, schwerpunktmäßig auf die Entwicklung von verbesserten, zeiteffizienteren sowie kostengünstigeren **Herstellungstechnologien und Vervielfältigungsverfahren**<sup>9</sup>.

---

<sup>4</sup> NOLAN & MORRIS (1971) wiesen darauf hin, dass es bei der Konstruktion von taktilen Karten nicht genügt, eine gedruckte Karte für Sehende direkt in ein taktilen Muster zu überführen, da solch eine Karte für Blinde viel zu komplex wäre und die Eigenarten des Tastsinns in diesem Fall nicht mitberücksichtigt werden könnten. Da greifbare Veränderungen in der Struktur dringend erforderlich waren, sprachen sie sich für die Vergrößerung des Maßstabes, die Entwicklung optimaler und voneinander diskriminierbarer Tastsymbole sowie eine optimale Anordnung von Symbolen auf der Karte aus. Weiterhin vertraten sie die Meinung, dass eine Standardisierung von taktilen Symbolen unrealisierbar ist, weil die Anzahl von verfügbaren und voneinander unterscheidbaren Symbolen in allen Kategorien so gering ausfällt, dass selbst eine rudimentäre Standardisierung ausgeschlossen ist.

<sup>5</sup> BENTZEN (1972) sowie KIDWELL & GREER (1973) erklärten es für notwendig, Verzerrungen der topographischen Realität vorzunehmen, sofern sie der vereinfachten Darstellung und dem besseren Verständnis dienen, Indexierungen auf einem gesonderten Blatt oder auf der Kartenrückseite anzubringen und sich generell nur auf die wesentlichen Informationen zu beschränken.

<sup>6</sup> Bei LEONARD & NEWMAN (1970) mussten blinde Testpersonen eine vorgegebene Wegstrecke mit Hilfe einer taktilen Darstellung, mit kodierten Informationen und Anweisungen auf einer Scheibenkarte in Braille-Buchstaben oder mit einer auf Tonband mündlich beschriebenen Wegstrecke und Scheibenkarte selbstständig abgehen. Diese Beobachtungen ergaben, dass jüngere Probanden mit den wenigen Informationen der Scheibenkarte gut auskamen, während ältere Blinde die verbalen Beschreibungen vorzogen.

<sup>7</sup> Bei BRAMBRING (1975) erfolgte die Darbietung geographischer Informationen durch eine taktilen Landkarte, eine verbale Beschreibung auf Tonband oder eine Kombination aus taktiler Landkarte und verbaler Beschreibung. Hier zeigte sich die Kombination aus taktiler Karte und verbaler Beschreibung als die effektivste Lösung, während die ausschließliche verbale Beschreibung der Wegstrecke sich als ineffektiv erwies.

<sup>8</sup> Viele dieser **Nutzertests** ähnelten sich sehr in ihrer Durchführung. Ein Grund dafür liegt darin, dass zahlreiche Blindenschulen, Ausbildungsstätten, Rehabilitationszentren oder Universitäten unabhängig (und z.T. parallel) voneinander an der Entwicklung optimaler kartographischer Tastdarstellungen, an Untersuchungen zur Effektivität verschiedener Informationsarten und Hilfsmittel für die geographische Orientierung sowie an Studien zur Kartennutzung Blinden und Sehbehinderter arbeiteten (z.B. BRAMBRING & WEBER 1981, MÖLLER 1985, RIESER, GUTH & HILL 1986, GOLLEDGE 1991, MOHR 1993, OCHA'TA & HUERTAS 1993, JUURMAA & LEHTINEN-RAILO 1994, HOLMES & ARDITI 1996, BLINNIKOVA 1998, VECCHI 1998, ESPINOSA, UNGAR, OCHAÍTA, BLADES & SPENCER 1998).

<sup>9</sup> In der **Kartenausstellung in Fellbach** wurde 1984 erstmalig versucht, die gesamte Bandbreite der taktilen Karten aus dem deutschsprachigen Raum, angefangen bei einfachen Hausorientierungsplänen über Mobilitäts- und Stadtplänen bis hin zu Länder-, Europa- und Weltkarten zu präsentieren und zu dokumentieren, an deren Exemplaren die verschiedenen Materialien, Herstellungstechnologien sowie Entwicklungsstufen der Karten zu erkennen waren (PODSCHADLI 1984).

Durch den Einsatz von neuen Materialien und verbesserten Herstellungsverfahren konnte im Laufe der Zeit eine beachtliche Qualitätsverbesserung für taktile Abbildungen erzielt werden, die gleichzeitig in der Praxis neue gestalterische Herausforderungen und Probleme für die Kartenhersteller aufwarfen, da jedes Herstellungsverfahren unterschiedliche bzw. neue Gestaltungsrichtlinien in Bezug auf Kartenbauweisen, Formate, Darstellungsebenen, Oberflächenstrukturen, Größen oder Mindestabstände erforderte und über unterschiedliche Möglichkeiten sowie Beschränkungen im Hinblick auf Produktion, Aufwand und Kosten verfügte. Nun musste bereits im Vorfeld eine geeignete Herstellungstechnologie ausgewählt und schon bei der Vorlagenherstellung die Besonderheiten dieser Herstellungstechnologie sowie die des zukünftigen Trägermaterials (z.B. Plastikfolien, Schwellpapier) berücksichtigt werden<sup>10</sup>.

In den 1980er Jahren begannen die ersten Diskussionen um eine **Standardisierung** von taktilen Kartenzeichen. Bereits beim "First International Symposium on Maps and Graphics for the Visually Handicapped" in Washington (März 1983) gab es erste Auseinandersetzungen um die Vereinheitlichung der Signaturen auf taktilen Karten. Das Ziel des "Ersten Europäischen Symposiums über Relief-Stadtpläne für Blinde" in Brüssel (November 1983) bestand darin, Tastsymbole in taktilen Stadtplänen auf europäischer Ebene zu vereinheitlichen bzw. zu standardisieren. Es wurde ein erstes Musterblatt mit vereinheitlichten Tastsymbolen (als Zeichenschlüssel) erarbeitet und als Empfehlung für die Neuherstellung taktiler Stadtpläne festgelegt<sup>11</sup>.

Seit Beginn der **1990er Jahre** haben sich tastbare Abbildungen als ein unverzichtbares Hilfsmittel für Blinde, vor allem zur Orientierung und zur Erschließung von graphischen (Grund-) Informationen, erwiesen. Auch den Entwicklern von taktilen Karten und Plänen standen jetzt eine Vielzahl an **praxisbezogenen Richtlinien** zur optimalen Gestaltung von Tastabbildungen zur Verfügung<sup>12</sup>. Seitdem vollzieht sich eine erkennbare Hinwendung zur **theoretischen Fundamentierung** praktischer Gestaltungsregeln und -Richtlinien, besonders in Bezug auf die Formalisierung, Abstrahierung, Symbolisierung und Funktionalität taktiler Kartenwerke bzw. taktiler kartographischer Medien. So gewinnen zeichentheoretische Untersuchungen graphischer Strukturelemente, die Aufstellung eines ersten Klassifikationssystems für taktile Karten oder Analysen des taktilen kartographischen Kommunikationsprozesses seit den 1990er Jahren nach und nach an Aufmerksamkeit.

So nahm TATHAM (1991) erste **zeichentheoretische Untersuchungen** zu den strengen Parametern des taktilen Kartendesign in Bezug auf Schrift, Kontrast und Kartenzeichen vor. Auch VASCONCELLOS (1991, 1993, 1994, 1995, 1996) führte erste kommunikations- und zeichentheoretische Untersuchungen durch. So adaptierte sie 1993 das basishafte System der

---

<sup>10</sup> In den 1990er Jahren konnten sich von allen Herstellungstechnologien im wesentlichen das Tiefzieh- und das Schwellkopier-Verfahren in der Praxis durchsetzen, wobei sich Schwellpapier und PVC-Folien in ihren Tastempfindungen, Ausdrucksmöglichkeiten und Herstellungsaufwand stark voneinander unterscheiden.

<sup>11</sup> Trotz vielfältigen Versuchen konnte sich bisher weder international noch national ein standardisiertes System von Kartenzeichen durchsetzen. Ein Grund dafür beruht unter anderem auf der Vielfalt von vorhandenen Zeichenträgern, die alle unterschiedliche Tastqualitäten aufweisen, somit unterschiedliche Tastmuster und -strukturen beanspruchen und damit unterschiedliche Kriterien an die Gestaltung von taktilen Kartenzeichen erfordern.

<sup>12</sup> PODSCHADLI (1986) stellte in „Blindenkarten und ihre Herstellung“ eine wichtige Dokumentation und Beschreibung der wesentlichen taktilen Orientierungspläne (Haus-, Mobilitäts- und Stadtpläne), Länder-, Kontinent- und Weltkarten aus dem deutschsprachigen Raum auf. Zusätzlich wurden die verschiedenen Herstellungs- und Vervielfältigungsmöglichkeiten von kartographischen Tastdarstellungen genau beschrieben. Parallel dazu liefert das 1986 erschienene „International Directory of Tactile Map Collections“ einen weiteren wichtigen Überblick über den damaligen Stand der Blindenkartenherstellung in anderen Ländern. Die von HUDELMAYER (1986) herausgegebene Broschüre „Taktile Mobilitätspläne für Sehgeschädigte - Ein Leitfaden“ der Marburger Blindenstudienanstalt beinhaltet grundlegende wahrnehmungspsychologische Informationen und behandelt gestaltungstechnische Richtlinien zur Herstellung von Tastabbildungen für Blinde und Sehgeschädigte, wie die Vorstellung verschiedener Bauweisen, allgemeine Anforderungen an die Gestaltung (z.B. Symbolgrößen, Mindestabstände, Beschriftung), Hinweise zur Erhöhung der Diskriminationsfähigkeit (z.B. durch die Verwendung prägnanter, kontrastreicher und redundanter Merkmale) und Ausführungen zur zusätzlichen farblichen Gestaltung. Eine weitere ausführliche und übersichtliche Zusammenfassung zu psychologischen Aspekten der haptischen Wahrnehmung, Grundlagen des Tastens, der Herstellung und Gestaltung taktiler Karten und dem Lesen von taktilen Darstellungen liefert das „Handbuch des taktilen Kartenbaus“ von K. LEHMANN (1990). All diese Arbeiten bieten nützliche Gestaltungsrichtlinien sowie wertvolle Erfahrungsberichte aus der Praxis an. Es fanden jedoch keinerlei theoretische Untersuchungen bezüglich der Struktur und Funktion taktiler Karten statt.

graphischen visuellen Variablen von BERTIN (1974) in das System der taktilen graphischen Variablen (vgl. Kap. 5.3.2.1.2). Des Weiteren führte sie Untersuchungen zur Kartennutzung durch, untersuchte die taktile graphische Sprache in Bezug auf das Erlangen von geographischem Wissen und der räumlichen Bewusstseinsbildung und lieferte eine erste Beschreibung und Skizzierung des klassischen taktilen kartographischen Kommunikationsprozesses.

Auch die **zusätzliche farbliche Gestaltung** tastbarer Karten gewann in den letzten zehn bis fünfzehn Jahren immer mehr an Bedeutung, nicht zuletzt aufgrund der Intensivierung des Gebrauchs jedes verbliebenen Sehvermögens sowie der zunehmenden integrativen Beschulung sehgeschädigter Kinder. Auf diesem Untersuchungsgebiet wurden daher empirische Arbeiten von ersten theoretischen Untersuchungen eng begleitet (z.B. BEYER 1995, MACK 1999)<sup>13</sup>.

Um die Gestaltung taktiler Karten weiter zu optimieren, sprach sich TATHAM (1999) für **acht allgemeine Gestaltungsregeln**<sup>14</sup> zur Erstellung von taktilen Karten und Diagrammen aus: Die Regeln 1-3 betreffen dabei das Produkt, die Regeln 4-7 betreffen die Symbologie und Regel 8 bezieht sich auf den Zeichenträger.

Darüber hinaus versuchte TATHAM (1999) drei **allgemeine theoretische Modelle**, die für die visuelle Kartographie erstellt wurden, soweit wie möglich auf die taktile Kartographie wie folgt zu übertragen:

**1)** Die Kartographie wurde u.a. von MACEACHREN (1995) mit einer **Sprache** verglichen. Dafür spricht, dass die Sprache, wie auch taktile Karten, sequentiell benutzt und erkundet werden. Regeln zur Platzierung von Kartenzeichen könnten also die Syntax darstellen. Allerdings zerbricht dieses Gleichnis in Bezug auf die taktile Kartographie, sobald das Vokabular (hier die Symbologie) dieser Sprache betrachtet wird. Die Symbologie taktiler Karten ist abhängig von ihrer Diskriminierbarkeit, d.h. durchschnittlich können maximal nur fünf bis acht unterschiedliche Punkt-, Linien- und Flächensymbole, die sich noch voneinander unterscheiden lassen, in einer taktilen Karte verwendet werden. Dies würde wiederum bedeuten, dass nur 15 bis 20 Wörter in einem Kapitel verwendet werden könnten und „these words could include *cat*, as long as *sat* and *mat* were not included, nor indeed *cot* or *cut*, and probably not *coat* or *cute*“. Wenn die taktile Kartographie also mit einer Sprache vergleichbar wäre, dann würde es sich hier um eine Sprache mit einem nur sehr begrenzten Vokabular handeln (TATHAM 1999).

**2)** Kartographie wird mit der **Kommunikationstheorie** in Verbindung gebracht. Diese Theorie wurde von TATHAM (1999) unter den Aspekten der taktilen Kartographie genau betrachtet. Im Gegensatz zu visuellen Karten sind taktile Karten häufig ein für eine bestimmte Nutzergruppe maßgeschneidertes Produkt (vgl. Kap. 6.1.2). Es ist möglich, die taktile Kartengestaltung und die taktile Kartennutzung in den allgemeinen Prozess der kartographischen Kommunikation zu integrieren (TATHAM 1999), auch wenn verschiedene Besonderheiten, wie z.B. blindengerechte Maßstabsbereiche, klare Strukturierungen der Informationen und eine starke Generalisierung, anzuwenden sind (KOCH 1996).

**3)** Kartographie wird als **Visualisierung** verstanden. Allerdings ist das eine Fokussierung, die auf die Kommunikationsbedingungen des Empfängers (aber nicht auf die Botschaft oder den Übertragungskanal) gerichtet ist und, wie der Empfänger Gebrauch von den empfangenen Daten macht, um sich ein räumliches Abbild zu formen. Diese Auffassung lässt sich

---

<sup>13</sup> BEYER (1995) berichtete im Rahmen des Kolloquium über tastbare Abbildungen für Blinde ausführlich über die praktischen Grundlagen und Erfahrungen der Farbanwendung bei kombinierten Darstellungen der Blinden- und Sehbehindertenschule in Hamburg. MACK (1999-a) entwickelte in ihrer Studienarbeit ein Farbsystem gut kontrastierender Farben zur zusätzlichen Anwendung in taktilen Karten für Sehbehinderte. Die von ihr erstellten Testreihen mit geeigneten Farbkombinationen können als erste Richtlinie bzw. Empfehlung für eine zusätzliche farbliche Kartengestaltung gelten. Die Tests bewiesen, dass bereits geringe Farbdifferenzen einen Einfluss auf die Unterscheidbarkeit von Farben nehmen. Dennoch konnten in dieser Arbeit keine allgemeingültigen Anleitungen geliefert werden, da das Problem der Farbfehlsichtigkeit viel zu komplex ist und Farben und Kontraste von jeder sehbehinderten Person sehr subjektiv wahrgenommen werden.

<sup>14</sup> Taktile kartographische Produkte sollten nach TATHAM (1999) folgende acht allgemeine Gestaltungsregeln befolgen: 1. Produkt soll eine geeignete Größe haben, 2. muss sicher in der Nutzung sein, 3. sollte nicht die taktilen Sensoren unverhältnismäßig strapazieren (z.B. durch zu scharfe Ecken und Kanten, zu harte Materialien), 4. Symbole müssen sich taktil voneinander unterscheiden lassen, 5. Symbolausmaße (Größe, Höhe) sollten den Tastvorgang nicht behindern, 6. Mindestabstand zwischen den Symbolen sollte gewahrt bleiben, 7. Text sollte immer sparsam verwendet werden, 8. ein geeigneter Zeichenträger sollte gewählt werden.

nach TATHAM (1999) insofern auch auf die taktile Kartographie übertragen, als das seiner Meinung nach kein Sehvermögen benötigt wird, um eine räumliche Empfindung von räumlich angeordneten Daten zu erhalten, auch wenn diese räumliche Empfindung durch sequentielles Ertasten zustande kommt.

Nachdem zahlreiche großflächige Reliefs, Mobilitäts-, Orientierungs- und Stadtpläne in großen Maßstäben sowie topographische Übersichtskarten von Ländern und Kontinenten in kleineren Maßstäben entwickelt wurden, versuchte KOCH (1997 a) allgemeine Grundlagen für ein System zur **Klassifikation** von taktilen Karten zu schaffen und nahm eine Unterteilung in primäre und sekundäre Klassifikationsmerkmale vor. In seinem Beitrag beschäftigte sich KOCH besonders mit der Klassifizierung nach dem Maßstab und stellte **Dimensionsstufen** für taktile Karten auf. Hierauf wurde bereits in Kapitel 2 eingegangen.

MÖLLER (1991) stellt in seinem Beitrag über „Neue Anforderungen und Entwicklungen bei Orientierungsplänen für Sehgeschädigte“ erste Überlegungen auf, welche Rolle taktile Karten in einem Medienverbund spielen sollen und können. Bei der Orientierung Sehgeschädigter in komplexen räumlichen Situationen sind Informationen und Hilfen auf drei verschiedenen Ebenen notwendig (1. Ebene: soziale Ebene - Ausbildung; 2. Ebene: Informationsebene - Medienverbund [Sprach-, Text-, visuelle und taktile Informationen aufbereitet für Blinde und Sehbehinderte]; 3. Ebene: städtebauliche und verkehrstechnische Gestaltung), da Karten und Pläne bei der Entwicklung einer Raumvorstellung zwar eine wichtige Rolle spielen, aber bei weitem nicht die einzige Informationsquelle darstellen. Im Medienbereich des Sehgeschädigtenwesens unterscheidet MÖLLER drei Typen von Karten: Karten für Sehbehinderte, Karten für Blinde und Karten für Sehgeschädigte (Blinde und Sehbehinderte).

Wie diese Analyse belegt, liegen einerseits zahlreiche, vor allem praxisbezogene und empirisch gewonnene Erkenntnisse auf dem Gebiet der taktilen Kartengestaltung, Kartenvervielfältigung oder Kartennutzung vor, andererseits konnten diese Ergebnisse zum überwiegenden Teil bis heute noch nicht ausführlich theoretisch hinterfragt und begründet werden. Obwohl vereinzelt erste zeichentheoretische Ansätze zur Verfügung stehen, gab es bis auf wenige Ausnahmen (z.B. von VASCONCELLOS 1993, KOCH 1997 a) bislang keine weiterführenden Bemühungen, die theoretischen Grundlagen, Ansätze und Modelle der visuellen Kartographie, wie z.B. der ersten Gliederung der Funktionen kartographischer Darstellungsformen von PÁPAY (1973); dem Aufstellen von kartographischen Kommunikationsmodellen (z.B. von KOLÁČNY 1970, OGRISSEK 1974, HAKE 1973 oder PRELL 1983); den verschiedensten Untersuchungen der Graphikstruktur (z.B. von BERTIN 1969, SPIESS 1970, OGRISSEK 1983 und FREITAG 1996) oder weiteren Forschungen zu Inhalts-, Karten- und Datenstrukturen visueller kartographischer Medien (z.B. von SALIŠČEV 1976, OGRISSEK 1987 oder KOWANDA 1990), in die taktile Kartographie zu adaptieren. Somit erfolgten bislang auch keine eingehenden theoretischen Untersuchungen der Zusammenhänge, Abhängigkeiten und gegenseitigen Beeinflussungen zwischen den einzelnen Strukturkomponenten und den Funktionalitäten taktiler kartographischer Medien. Hier besteht erheblicher Forschungsbedarf. So sollen im Rahmen dieser theoretisch ausgeprägten Arbeit neben den vorangehenden Untersuchungen zur Funktion (vgl. Kap. 4) und zur Struktur (vgl. Kap. 5) taktiler kartographischer Medien deren Wechselwirkung ausführlich behandelt werden (vgl. Kap. 6).

### 3.1.1 Die "Commission on Maps and Graphics for Blind and Visually-Impaired People"

Innerhalb der "International Cartographic Association" (ICA) wurde 1984 eine eigene Kommission, die "**Commission on Maps and Graphics for Blind and Visually-Impaired People**" gegründet, die sich unter anderem die Verbreitung von Informationen zur Herstellung taktiler Karten, das Studium der Technologien zur rechnergestützten Kartenherstellung und Kartennutzung oder die Bereitstellung von Experten für weltweite Seminare und Workshops zum Ziel gesetzt hat.

Die weltweite Bedeutung dieser Kommission zeigt, dass sich seither eine spezielle Themengruppe für die taktile Kartographie ("Maps for Handicapped People") auf den internationalen Konferenzen der ICA fest etablieren konnte, die sich neben dem Austausch der neusten wissenschaftlichen Erkenntnisse auch Diskussionen über gegenwärtige Standpunkte zur Bedeutung, zum Bedarf und zum Einsatz von tastbaren Abbildungen als gängige Hilfsmittel in der Praxis widmet<sup>15</sup>.

Derzeit baut die Kommission zwei umfangreiche Datenbanken auf. Die erste Datenbank soll Informationen zur Herstellung und Gestaltung taktiler Karten und Symbole enthalten. Die zweite Datenbank, die sich teilweise aus Daten der Ersten ableiten wird, soll aus einem Katalog bzw. einem Handbuch taktiler Kartenzeichen bestehen. Diese Bemühungen sollen in erster Linie dazu beitragen, sich von der individuellen Produktion taktiler Karten zu entfernen und zu einer zentralisierten Entwicklung (vorerst nur in Großbritannien) überzugehen. Zusätzlich soll eine komplette Liste veröffentlicht werden, die Namen, Kontaktdaten sowie eine Kurzbeschreibung zu den aktuellen Aktivitäten aller Institutionen, die sich mit der Herstellung und Entwicklung taktiler Karten beschäftigen, enthält. Nach Fertigstellung sollen beide Datenbanken über die Homepage der Kommission frei zugänglich sein<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> Die Präsentationen zahlreicher empirischer Untersuchungsergebnisse, die Vorstellung neu entwickelter taktiler kartographischer Medien und die Beschreibung ihrer Herstellungs- und Gestaltungsprozesse nehmen seitdem auf nationalen und internationalen kartographischen Konferenzen sowie in Veröffentlichungen in Fachzeitschriften einen festen Bestandteil ein. Seit 2000 veranstaltet die „Commission on Maps and Graphics for Blind and Visually-Impaired People“ in Verbindung mit dem "National Centre for Tactile Diagrams" (NCTD) in Hatfield (UK) eine alle zwei Jahre stattfindende „International Conference on Tactile Diagrams, Maps and Pictures“, um Mitglieder der Kommission mit anderen Herstellern taktiler Karten und den Vertretern von Blindenvereinen zu einem internationalen Erfahrungsaustausch zusammen zu bringen.

Seit Juni 2004 veröffentlicht die Kommission wieder regelmäßig ihren Newsletter „TacNews“, der drei mal im Jahr mit dem Vorhaben erscheint, als Forum auf internationaler Ebene über Herstellung, Gestaltung und Nutzung taktiler Karten zu diskutieren.

<sup>16</sup> Momentan werden auf der Homepage der Kommission ausgewählte Vorträge, die auf kartographischen Konferenzen gehalten wurden, einer ausgedehnten Leserschaft zugänglich gemacht. Zudem werden laufende Forschungsprojekte aufgelistet und enthalten Verknüpfungen (Links) zur jeweiligen Institution.

### 3.2 Analyse zum Entwicklungsstand der neuen taktilen kartographischen Medien

Seit Anfang der 1990er Jahre wird die Entwicklung der so genannten "neuen taktilen kartographischen Medien"<sup>17</sup> von den Möglichkeiten und Anforderungen der Blindeninformatik mitbestimmt und vorangetrieben, so dass sich eine beeindruckende Entwicklung vollzogen hat. Eine Analyse zum derzeitigen internationalen Forschungsstand der neuen taktilen kartographischen Medien ist schon zu Beginn dieser Arbeit erforderlich, da der aktuelle Stand der Entwicklung aller neuen Anwendungen und Hilfsmittel für Blinde und Sehbehinderte, die Tendenzen der Entwicklung sowie deren materielle, technische und z.T. multimodale Beschaffenheit bekannt sein müssen, um nachfolgend ausführliche, allumfassende Strukturuntersuchungen für den gesamten Bereich der taktilen kartographischen Medien durchführen zu können (vgl. Kap. 5.3).

Seit **Anfang der 1990er Jahre** zielte die Entwicklung in der Herstellung von taktilen Karten verstärkt auf zeiteffiziente **computerproduzierte Kartenvorlagen** (d.h. digitale Kartendaten) hin, die sowohl den haptischen als auch pädagogischen Ansprüchen genügen und dabei den Zeit-Personal-Kostenfaktor verringern. Bereits Mitte der 1990er Jahre konnten (traditionelle) tastbare Abbildungen vielerorts rechnergestützt erarbeitet und so der Vorbereitungsaufwand für die Serienfertigung deutlich reduziert werden<sup>18</sup>.

**Mitte der 1990er Jahre** begannen auch die ersten Versuche, digital erstellte Karten aus **Geoinformationssystemen** (GIS) blinden Nutzern in taktiler Form zugänglich zu machen (z.B. COULSON, RIEGER & WHEATE 1991, COULSON & RIEGER 1995). Des Weiteren lagen erkennbare Bemühungen der Entwicklung darin, Blinden und Sehgeschädigten den komplexen Zugang zu geographischen Informationen durch **multimediale Karten** (z.B. Klang-Karte<sup>19</sup>, audio-taktile Dialogsysteme) zu gewährleisten, wobei haptische und auditive Komponenten miteinander verbunden wurden (LÖTZSCH 1994, TATHAM 1996, PARKERS 1996, GOLLEDGE 1999, JACOBSON 2002). Bei diesen neuen technologischen Entwicklungen sind neben Wissenschaftlern und Praktikern in Deutschland vor allem solche in Australien, Großbritannien, den USA, Kanada und Japan sehr aktiv. Abbildung 3.2-1 zeigt die Entwicklung neuer taktiler kartographischer Medien als Zeitpfeil.

Für die neuen taktilen kartographischen Medien liegen zum überwiegenden Teil nur wenige theoretische Untersuchungen zu einzelnen Strukturkomponenten und zur Funktion vor. (Eine Ausnahme bilden audio-taktile Dialogsysteme.) Viele wissenschaftliche Beiträge, die auf Konferenzen vorgestellt und in Fachzeitschriften publiziert wurden, beschränken sich auf die reine Präsentation und Beschreibung des entwickelten Systems. Verschiedentlich liegen Nutzertests eines Prototyps mit blinden und sehbehinderten Probanden vor.

<sup>17</sup> Alle Formen der taktilen kartographischen Wissensaufbereitung bzw. der Informationsvermittlung, die in digitalisierter Form über Computer oder Internet erreichbar sind und sich durch eine hypermediale Struktur auszeichnen, werden als die so genannten neuen taktilen kartographischen Medien verstanden. Einen wichtigen Gesichtspunkt für die taktile Kartographie stellt dabei ihre Multimodalität dar, d.h. es können verschiedene Sinne gleichzeitig angesprochen werden. Des weitern zeichnen sie sich durch ihre Multicodalität aus, da unterschiedliche Kodierungssysteme auf einmal aktiviert werden. Die Aktivierung unterschiedlicher Kodierungssysteme, wie z.B. Texte und Graphiken, wirkt sich positiv auf die Wissensvermittlung aus, wobei Texte (häufig in Form von Sprache) und taktile Graphiken aufeinander abgestimmt werden sollten, um sich im bestmöglichen Fall ergänzende, nicht redundante Informationen zu liefern. Auch der Aspekt der Multimedialität wird erfüllt, wenn die Anwendungen zusätzlich zur taktilen Graphik geschriebene Texte in großer Schwarz- oder Braille-Schrift und/oder Sound enthalten. Allgemein sollte bei allen multimedialen (Lern-) Anwendungen eine optimale Kombination von Medium, Kodierungssystem und Sinnesmodalität vorliegen. Hierarchien und Strukturen des Informationsaufbaus müssen sofort ersichtlich sein, wobei Texte, auditive Ausgaben (Sprache, Töne) und Graphiken sich ergänzende Informationen liefern sollten.

<sup>18</sup> Heute werden (traditionelle) taktile Karten auf Schwellpapier rechnergestützt mit 2D-Entwurfssystemen (z.B. Graphiksoftware Macromedia FreeHand, speziell entwickeltes Software TGD-Tactile Graphics Design Program), taktile Karten auf PVC-Folien mit (eingeschränkten) 3D-Entwurfssystemen (z.B. CAD/CAM-System) entwickelt. Trotz des effektiven Computereinsatzes müssen taktile Karten noch immer mit einem beträchtlichem Arbeitsaufwand entworfen und hergestellt werden, damit keine Einbußen in der Abbildungsqualität auftreten.

<sup>19</sup> Mit der so genannten Klang-Karte (sound map) gelang KRZYWICKA-BLUM (1995) ein Vorstoß zu völlig neuen Prinzipien, die auf der Grundidee basieren, dass zwei Klangcharakteristika, charakterisiert durch Tonhöhe und Tonstärke, zur Kodierung von bestimmten Positionen genutzt werden.

Damit sehbehinderte und blinde Computerbenutzer die auf einem Monitor angezeigten Abbildungen und graphischen Darstellungen direkt in tastbarer Form lesen können, wurden großflächige **reale taktile Displays**<sup>20</sup> entwickelt. Bei realen taktilen Displays werden die Fingerspitzen aktiv über eine großflächige taktile Anzeigefläche geführt. Viele dieser Anzeigen, von denen es sich bei einem Großteil nur um Prototypen handelt, wurden in den 1990er Jahren entwickelt. Leider konnte bisher mit keiner dieser Entwicklungen nur annähernd eine Auflösung erzeugt werden, wie sie mit Schwellpapier oder PVC Folie möglich ist. Aufgrund der geringen Auflösung lassen sich derzeit nur sehr eigenschaftsarme Darstellungen taktil verwirklichen. Da nur wenige Strukturelemente für die Kartengestaltung zur Verfügung stehen, eignen sich diese Displays nicht zur Abbildung von komplexen taktilen Karten. An einer höheren Auflösung wird aber stetig weiter gearbeitet.

Der relativ geringe kartographische Nutzen, hervorgerufen durch die vergleichsweise geringe taktile Auflösung, wirkt sich neben dem hohen Produktionsaufwand, den enormen Kosten (Preis) und den daraus resultierenden geringen Absatzmöglichkeiten negativ bzw. nachteilig auf die gesamte Entwicklung aus. Das Verhältnis zwischen Nutzen-Kosten-Produktionsaufwand-Absatzmöglichkeiten ist nicht ausgewogen. Von Vorteil ist, dass taktile Displays ein interaktives Arbeiten mit dem Computer ermöglichen, auch die Anbindung einer Sprachausgabe ist dabei möglich. In Tabelle 3.2-1 werden verschiedene Entwicklungen großflächiger Anzeigen zusammengefasst.

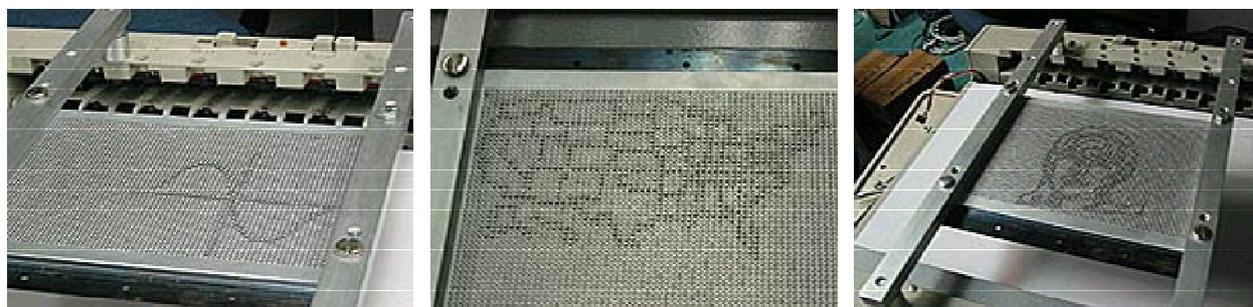


Abb. 3.2-2: Das taktile Display vom "National Institute of Standards and Technology" (NIST), USA

**Virtuelle taktile Displays** werden seit etwa zehn Jahren entwickelt. Sie sind, im Gegensatz zu taktilen Displays, Geräte mit kleinen beweglichen Anzeigen, auf denen die Finger des Benutzers ruhen, während sie sich über eine vermeintlich feststehende tastbare Darstellung bewegen. Die Fingerspitzen nehmen also eine, in Bezug auf das Gesamtsystem ruhende, virtuelle Anzeigefläche wahr. Mit virtuellen Displays kann in etwa die Darstellungsvielfalt von Schwellpapier erreicht werden, auch gibt es bereits Entwicklungen, die die Abbildung mehrerer Höhenstufen erlauben. Virtuelle Displays lassen sich mit einer Sprachausgabe verbinden, Multimodalität ist somit gewährleistet.

<sup>20</sup> Erste Ansätze dafür gab es bereits in den 1970er Jahren mit dem Optakon. Es war das erste vorhandene graphische Blindendisplay, das sehbehinderten Menschen das selbständige Lesen und Erkunden von Graphiken auf dem Bildschirm ermöglichte. Bereits zu Beginn der 1980er Jahre setzten blinde Programmierer das Optakon zum Auslesen von Bildschirmhalten ein.

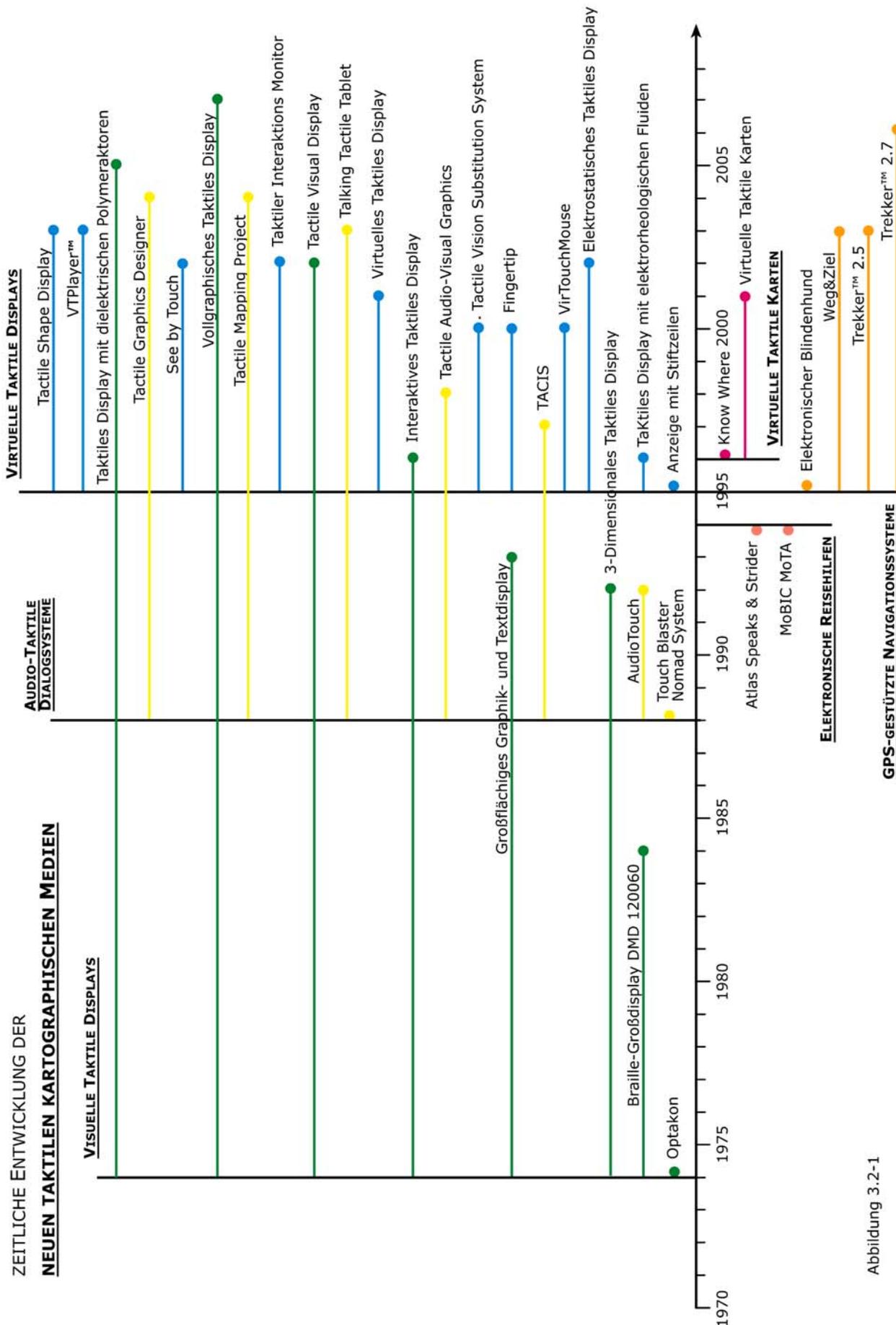


Abbildung 3.2-1

Um die Fähigkeit zur effizienten Nutzung virtueller taktiler Displays<sup>21</sup> zu erlangen, sind (Grund-) Kenntnisse im Umgang und Arbeiten mit einem Computer unbedingt erforderlich. Zudem gestaltet sich der Lernprozess zur richtigen Verwendung der Anwendung als sehr schwierig und zeitaufwendig, vor allem für späterblindete und ältere Menschen. Tabelle 3.2-2 informiert über den Stand der Entwicklung virtueller taktiler Displays.



Abb. 3.2-3: Das virtuelle taktiler Display SeeByTouch von RIEGER (2002)



Abb. 3.2-4: Das virtuelle taktiler Display VTPlayer™ von VIRTOUCH (2003)

Seit nunmehr fünfzehn Jahren werden **audio-taktile Dialogsysteme** entwickelt, die sich seit etwa Mitte der 1990er Jahre verstärkt im Praxiseinsatz befinden. Sie bilden eine Verbindung bzw. eine Ankopplung traditioneller taktiler kartographischer Medien an neue Medienelemente. Das im Verlauf der vergangenen zehn Jahre auch am Institut für Kartographie der TU Dresden erprobte multimodale System AUDIO TOUCH spricht zwei verschiedene Sinne, den Tastsinn und den Hörsinn an. Die Wahrnehmung der Informationen der georäumlichen Realität erfolgt taktil und auditiv, wobei Hören und Tasten synchron stattfinden und das Kodierungssystem dabei zwischen sprachlicher und graphischer Kodierung wechselt.

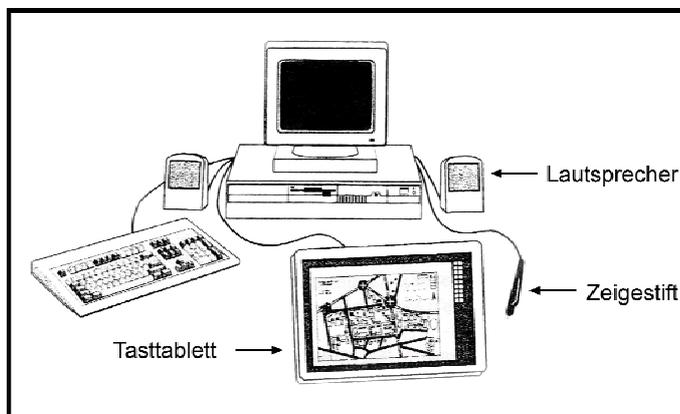


Abb. 3.2-5: Das audio-taktile Dialogsystem AUDIO TOUCH (nach HEIDIG 1997)

AUDIO TOUCH bietet dem Anwender die Möglichkeit, graphische Inhalte zu ertasten und gezielte Zusatzinformationen, die bei graphischer Darstellung die Karte unübersichtlich machen würden, abzufordern oder sich in Unabhängigkeit von sehenden Helfern zu bestimmten Kartenobjekten führen zu lassen<sup>22</sup>. Durch die gezielte Kombination von Tast- und Hörsinn soll die fehlende Sehkraft kompensiert sowie die Lern- und Gedächtnisleistung erhöht wer-

<sup>21</sup> FRICKE (1995) beschreibt ein virtuelles Display wie folgt: „Die Bezeichnung ‘virtuelles Display’ ist natürlich eine Vereinfachung; das Anzeigegerät und auch die ausschnittsweise Darstellung der Information sind in jedem Fall real. Virtueller kann nur der Teil der räumlichen Repräsentation der Information sein, der aus Platzgründen momentan nicht auf der Anzeige erscheint.“

<sup>22</sup> Audio-taktile Dialogsysteme erleichtern Sehbehinderten und Blinden, besonders denen, die keine Braille-Schrift beherrschen, den Zugang zu taktilen Graphiken und Karten. Außerdem bietet sich das System besonders als Unterstützung zur Vermittlung von topographischen und thematischen Karteninhalten im Geographieunterricht in Blindenschulen an. So berichtete NIEBLING (1995) über die Nutzung von AUDIO TOUCH in der Schule: „Die Kinder konnten Europas politische Karte wesentlich besser aufnehmen als das im Geographieunterricht möglich war und schnupperten schon mal in den Stoff kommender Jahre hinein“ (S. 68).

den. Während der Nutzung entsteht ein effizienterer kartographischer Kommunikations- und Wissenserweiterungsprozess, als er bei einfachen taktilen Karten möglich ist<sup>23</sup>. Auditive Komponenten dienen innerhalb der taktilen Kartographie erstmals zielgerichtet der Kartengestaltung! Da diese Art der multimodalen kartographischen Kommunikation die bisherigen Grenzen der klassischen Kartographie überschreitet, forderte KOCH (1996) zurecht, dass die eng gefasste klassische Definition für den Terminus Karte in Bezug auf audio-taktile Karten unbedingt erweitert werden muss (vgl. Kap. 2.1).

Im Rahmen von Studien- und Diplomarbeiten wurden am Institut für Kartographie der TU Dresden bereits einzelne Strukturkomponenten (wie z.B. Kartengestaltung, äußere Kartenblattgestaltung, Anzahl und Inhalt der Dialogebenen) und Funktionalitäten audio-taktile Dialogsysteme untersucht (z.B. von HEIDIG 1997 und HANTZSCH 1998).

Welchen Stellenwert multimodale Anwendungen wie die audio-taktilen Dialogsysteme für den einzelnen blinden Menschen besitzen, ist von der Qualität der Darstellung mit der dazugehörigen akustischen Informationspräsentation sowie den individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten des Nutzers (vgl. Kap. 4.3, A) abhängig. Tabelle 3.2-3 liefert einen übersichtlichen Vergleich verschiedener audio-taktile Dialogsysteme.

Heute können speziell aufbereitete georäumliche Daten aus GIS-Datenbanken dazu dienen, Routen durch unbekanntes Gelände im audio-taktilen Dialog selbständig zu erkunden und zu planen. Dafür wurden computerbasierte Orientierungshilfsmittel, die **elektronischen Reisehilfen** für Blinde und Sehbehinderte, entwickelt, die bestehende Mobilitätshilfen ergänzen sollen. Sie liegen heute sowohl als Forschungsprototypen als auch als kommerzielle Produkte vor. Elektronische Reisehilfen, wie z.B. Atlas Speaks & Atlas Strider oder MoBIC MoTA<sup>24</sup>, verbinden ein Reisevorbereitungssystem in Form eines z.T. audio-taktilen Routenplaners, der den Anwendern die Möglichkeit bietet, eine Karte selbständig zu studieren oder eine Route zu planen, mit einem Reisedurchführungssystem als Wegbegleiter, das mit GPS ausgestattet ist und Blinden und Sehbehinderten Informationen während der selbständigen Begehung eines unbekanntes Geländes anbietet. In beiden Entwicklungen kann das Reisevorbereitungssystem auch ohne ein Reisedurchführungssystem sinnvoll genutzt werden. Beide Orientierungshilfen erlauben den Benutzern die Erkundung einer digitalen Karte mit den Cursortasten und/oder einem Touchpad mit einer taktilen Kartenaufgabe und benutzen akustische Ausgaben. Tabelle 3.2-4 bietet einen übersichtlichen Vergleich beider Systeme.

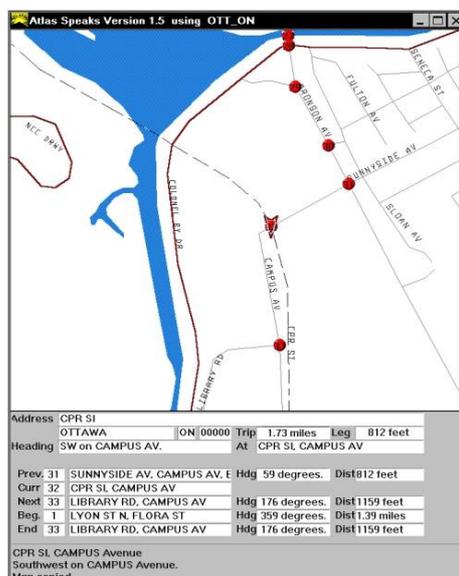


Abb. 3.2-6: Karte in Atlas Speaks mit ausgewählter Strecke (LAPIERRE 1998)

<sup>23</sup> Die Kommunikation findet in Form eines „Dialoges“ statt, eine stumme Frage wird durch Zeigen an das System gerichtet, es folgt eine elektronische (vorher eingespeicherte) verbale Antwort.

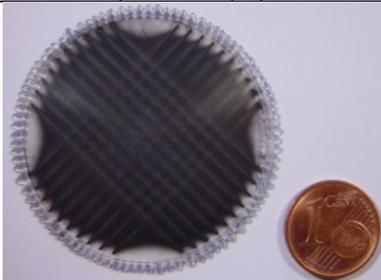
<sup>24</sup> MoBIC - Mobility of Blind and Elderly People Interacting with Computers; MoTA – MoBIC Travel Aid

3. Analyse zum Forschungsstand auf dem Gebiet taktiler kartographischer Medien

**TAKTILE DISPLAYS**

PRODUKT	HERSTELLER	JAHR	DISPLAY GRÖÙE	GEWICHT / BILDAUFBAU	ANZAHL STIFTE / AUSLENKUNG	STIFT-ABSTAND / STIFTVIBRATIONEN	FUNKTIONSWEISE	ANZAHL / PREIS
<b>Optacon</b>	J. LINVILL; TeleSensory Corporation	1974 - 1996	n.s.	2 Kg n.s.	9x24 Matrix (216 Stifte) n.s.	n.s. vibrierende Stifte	Eine Handkamera wird auf ein Schriftstück oder auf den Computerbildschirm positioniert. Der jeweils sichtbare Bereich wird gleichzeitig auf dem Tastfeld des Optacons angezeigt und kann mit den Fingern taktil wahrgenommen werden.	ca. 20.000 verkauft / 4000 US\$
<b>Braille-Großdisplay DMD 120060</b>	metec Ingenieur AG & Universität Stuttgart	1984	ca. 185x370 mm	n.s. ca. 20 s	60x120 Matrix (7200 Braille-Punkte)  0,7 mm (2 Höhenstufen)	ca. 3,08 mm nicht vibrierende Stifte	Die Stifte werden mit Federkraft angehoben und elektromagnetisch versenkt. Alle Punkte sind einzeln ansteuerbar, so dass ein einzelner Punkt geändert werden kann, während alle anderen unverändert bleiben. Ein interaktives Arbeiten mit dem Rechner, d.h. die Bedienung des Rechners von der taktilen Fläche aus, wird durch eine optionale Positionserkennung der lesenden Finger erlaubt.	4 Stück / 50.000 EUR
<b>Dreidimensionales taktiler Display für Blinde</b>	M. SHINOHARA, Y. SHIMIZU, A. MOCHIZUKI; KGS Corporation Japan	1992 - 1998	200x170 mm	n.s. ca. 15 s	64x64 Matrix (4096 Stifte) in 0,1 mm Schritten bis 10 mm	3 mm, Durchmesser: 4 mm n.s.	Das taktiler Display kann fühlbare Reliefgraphiken (z.B. bekannte Objekte, Karten oder wissenschaftliche Illustrationen), die mit Fingern oder Handfläche erkundet werden können, dreidimensional wiedergeben. Das Ausfahren der Stimulatoren wird durch einen Spindeltrieb erzeugt, welche von Schrittmotoren angetrieben werden. Allerdings sind die erzeugenden Kräfte zu klein, um den Stimulator während der Berührung durch einen Nutzer auszufahren. Die Pins sind sechskantig ausgerichtet, um eine glatte Darstellung zu gewährleisten. Nutzertests ergaben, dass mit Hilfe dieses Systems die verschiedensten Informationen gut übermittelt werden können.	Prototypen / 42000 US\$
<b>Großflächiges Graphik- und Textdisplay</b>	J. FRICKE, H. BÄHRING; FernUniversität Hagen	1993	n.s.	n.s. n.s.	- -	Abstand der Tast- punkte: 1,27 mm, Durchmesser: 0,8 mm -	Entwicklung von Anzeigeelementen, die sich für den Bau großflächiger Graphik- und Textdisplays eignen. Ein einzelnes Anzeigeelement, ein elektrisch steuerbares Ventil für die elektrorheologische Flüssigkeit, besteht aus einem 0,8 mm Durchmesser großen Kanal und Elektroden. Ausbeulungen in einer Membran, die von den Ventilen abgeschlossen werden, dienen zunächst als tastbare Blindpunkte. Um Beschädigungen der ungeschützten Membran zu vermeiden, soll diese in späteren Ausführungen von Stiften gesteuert werden.	Prototypen
<b>Interaktives taktiler Display</b>	Y. KAWAI, F. TOMITA; Electrotechnical Laboratory, Japan	1996 - 1998	175x175 mm	28 Kg	16x16 Matrix (256 Pins) in 0,1 mm Schritten bis 6 mm	10 mm, Durchmesser: 5 mm nicht vibrierende Stifte	Das System besteht aus zwei Kameras, einem taktilen Display und einem Sprachsynthesizer. Da das Display sehr klein ist, wurde eine interaktive Schnittstelle, die über einen Multilevel Display Modus verfügt (Positionsmodus, Grenzmodus, Oberflächenmodus), entwickelt. Im Positionsmodus kann der Nutzer die relative Position von jedem Objekt erkennen (je eine Nadel), im Grenzmodus die Objektgrenzen und im Oberflächenmodus die Objektfläche. Zusätzlich gibt es einen "voice guide button" der Informationen über Anzahl sowie Art, Größe oder Farbe der Objekte enthält.	Prototyp
<b>Tactile Visual Display</b>	National Institute of Standards and Technology (NIST)	2002	178x127 mm	n.s. n.s.	3621 quadratisch angeordnete Metallstifte  n.s.	2,54 mm passive, nicht vibrierende Stifte	Bilder werden in ein Vektor Format umgewandelt, anschließend wird das Muster durch die Erhebung der Stifte (Pins) auf dem Display geformt. Nachdem die Graphik vollständig aufgebaut ist, werden alle Stifte durch einen einzigen Blockierungsmechanismus gesperrt, so dass die Pins durch den Fingerdruck nicht bewegt werden können. Nach dem Lesen werden alle Stifte zurückgesetzt.	Prototyp / angestrebt: ca. 2000 - 3000 US\$

3. Analyse zum Forschungsstand auf dem Gebiet taktiler kartographischer Medien

PRODUKT	HERSTELLER	JAHR	DISPLAY GRÖßE	GEWICHT / BILDAUFBAU	ANZAHL STIFTE / AUSLENKUNG	STIFT-ABSTAND / STIFTVIBRATIONEN	FUNKTIONSWEISE	ANZAHL / PREIS
<b>Vollgraphisches Taktiler Display</b>	Integrated Microsystems Austria GmbH (IMA)	2005 - 2007	n.s.	Bilddarstellungszeit für das gesamte Display liegt im Sekundenbereich	Amplitude der vertikalen Bewegung des SMA-Drahtes beträgt 0,6-0,8 mm	Durch Miniaturisierung der Aktoren wird eine Auflösung von mind. 10 dpi erreicht	Durch den Einsatz kompakter Elektromagnete, die durch eine spezielle geometrische Anordnung und miniaturisierte Hebel die einzelnen Pixel ansteuern kann eine Auflösung von mind. 10 dpi ermöglicht werden. Durch den gezielten Einsatz mikrotechnischer Komponenten sind eine kostengünstige Fertigung und kompakte Abmessungen des Moduls erzielbar. Das System bietet eine unabhängige Ansteuerung jedes einzelnen Taxels (Bildpunktes). Positive Eigenschaften des Systems sind u.a. die gute Langzeitstabilität sowie die geringen Kosten pro Taxel als bei herkömmlichen (auf Piezo-Aktuatoren basierenden) Braille-Displays.	Prototypen
<b>Taktiler Display mit dielektrischen Polymeraktoren</b>	Technische Universität Darmstadt - Institut für Elektromechanische Konstruktionen	2007	n.s.	n.s. / n.s.	Auf einer Fläche von 4cm <sup>2</sup> können bis zu 100 Aktorelemente untergebracht werden / n.s.	Abb.: Einzelne Ansteuerung der Aktorelemente durch Zeilen-Spalten-Adressierung	 <p>Die am Institut EMK hergestellten dielektrischen Polymeraktoren eignen sich aufgrund der feinen Strukturierbarkeit besonders als Antrieb für die Erstellung von taktilen Displays mit dielektrischen Polymeraktoren. Hier sind minimale Strukturbreiten von 1 mm möglich, so dass auf einer Fläche von 4 cm<sup>2</sup> bis zu 100 Aktorelemente untergebracht werden können.</p>	Prototypen

Tab. 3.2-1: taktiler Displays

(n.s. = nicht spezifiziert)

3. Analyse zum Forschungsstand auf dem Gebiet taktiler kartographischer Medien

**VIRTUELLE TAKTILE DISPLAYS**

PRODUKT	HERSTELLER	JAHR	TAKTILES AUSGABEFELD	STIMULATOR ABSTAND / AUSLENKUNG	GEWICHT / FORMAT	FUNKTIONSWEISE	ANZAHL / PREIS
<b>Anzeige mit Stiftzeilen</b>	Fernuniversität Hagen	1995	Anzeigefeld mit 12x12 Stiften	Zeilenabstand: 3 mm Abstand zw. Stiften: 1 mm n.s.	n.s. / n.s.	Die Stifte können in verschiedene Höhen gestellt werden, wodurch eine gleitende Bewegung der Bildpunkte ermöglicht wird. Angetrieben werden die einzelnen Stifte von einem elektrisch angesteuerten piezoelektrischen Biegestreifen (FRICKE 1995).	Prototyp
<b>Taktiler Display mit elektrorheologischen Fluiden</b>	P.M. TAYLOR, A. HOSSEINI SIANAKI, C.J. VARLEY; University of Hull	1996	5x5 Matrix mit 25 Taktoren	Abstand: 2 mm, 1 Taktor: 11 mm <sup>2</sup> mit abgerundeten Ecken n.s.	n.s. / n.s.	Das taktiler Feld, das auf elektrorheologischen Fluiden basiert, wurde für Anwendungen in virtuellen Umgebungen und anderen taktilen Mensch-Maschine Schnittstellen entwickelt. Die Oberfläche des taktilen Feldes bietet einen veränderlichen und kontrollierbaren Widerstand zu der Bewegung der Finger; während der Finger auf das Feld gedrückt wird und sich darüber bewegt, wird eine Illusion eines gegenwärtigen Objektes erzeugt.	Prototyp
<b>Elektrostatisches taktiler Display</b>	H. TANG, D. BEEBE; Institute for Advanced Science and Technology, Urbana, IL, USA	1998 - 2002	drei 7x7 Matrixen bilden ein Elektrodenfeld	Center-to-Center: 2,54 mm Edge-to-Edge: 0,76 mm Durchmesser: 1,78 mm -	n.s. / n.s.	Display verwendet elektrostatische Stimulationen, um eine taktiler Empfindung einer Textur an einem tastenden Finger zu generieren. Die taktiler Empfindung zeigt sich als Resultat einer zunehmenden Reibung und Vibration bzw. Schwingung, die auf die elektrostatische Kraft zwischen der Haut der Finger und den Elektroden zurückzuführen ist. Verschiedene räumliche taktiler Muster, wie Linien, Kreise, Dreiecke oder Quadrate, können so mit Hilfe des Displays abgebildet werden und wurden in Tests richtig erkannt.	Prototyp
<b>WingMan Force Feedback Mouse</b>	Logitech, lizenziert von Immersion, USA	seit 1999	n.s. / n.s.	n.s. / n.s.	n.s. / doppelt so groß wie Computermaus	Durch taktiler Rückkopplung (rütteln) macht die Force Feedback Mouse den Mauszeiger und seine Umgebung fühlbar, und kann bei Windows Anwendungen ihren Einsatz finden (z.B.: erkennen von Menüpunkten, Buttons oder Hyperlinks). Die Maus wird per USB an den Computer (ab Windows 98) angeschlossen. Anwendungen für die taktiler Kartographie werden getestet	Vertrieb / 100 US \$
<b>VTM (VirTouch Mouse)</b>	Firma VirTouch, Jerusalem	seit 2000	Computermaus mit 3 Displays, bestückt mit je 32 abgerundeten Nadeln (→ je drei 4x8 Matrixen)	n.s. / vier verschiedene Pin-Höhen	400g / wie Computermaus	Beim Virtual Touch System (VTS) befinden sich drei Finger der Hand auf der Oberseite der Maus, jeder Finger berührt ein Display mit je 32 abgerundeten Nadeln. Jede Nadel repräsentiert dabei ein Pixel des Bildschirms. Fährt der Anwender am Bildschirm über eine Graphik, bewegen sich die Nadeln (abgerundete Pins) analog zur Form des aufgerufenen Bildes. Durch verschiedene Höhen ermöglicht das System die Darstellung von vier Grauwerten (schwarz, dunkelgrau, hellgrau, weiß). Zusätzlich kann sich ein Nutzer eine Beschreibung zur gerade aktuellen Position ansagen lassen.	Vertrieb / n.s.
<b>Fingertip</b>	C.M. CHANTER, I. SUMMERS; Universität Exter	2000	100 Aktuatoren auf 1 cm <sup>2</sup>	1 Aktuator pro mm <sup>2</sup> / n.s.	n.s. / für einen Finger gebaut	Mit dem Fingertip kann eine optimale Auflösung durch das Anpassen der Stimulationspunkte an die Anzahl der Rezeptoren der Fingerspitzen erzielt werden. Dabei lassen sich die piezoelektrischen Aktuatoren, die auf einer Gesamtfläche von 1 cm <sup>2</sup> angeordnet sind, mit einer Frequenzbandbreite von 25-400 Hz betreiben. Ein adäquates Gerät für alle fünf Finger befindet sich in Planung.	Prototyp
<b>TVSS (Tactile Vision Substitution Systems)</b>	MAUCHER, MEIER, SCHEMMEL; Kirchhoff-Institut für Physik der Universität Heidelberg	2000	Ein Display mit 48 Stiften (→ sechs 2x4 Matrixen), gesamt Fläche von 43 x 16 mm	3,21 mm in x Richtung 2,45 mm in y Richtung/ 0,7 mm	n.s. / n.s.	Das taktiler Ausgabefeld, das sechs standardisierte Braille-Display Elemente enthält, kann auf Schienen unabhängig in x- und y Richtung bewegt werden und über eine 164 x 159 mm große Fläche gleiten Es liefert Zugriff zu 2600 virtuellen Pixeln. Die aktive Oberfläche der taktilen Ausgabe beträgt 2% vom gesamten zugänglichen Gebiet. Das virtuelle taktiler Display (VTD) empfängt die anzuzeigenden Bilddaten und sendet die entsprechenden Positionsdaten für die Stifte an das taktiler Ausgabefeld.	Prototyp

3. Analyse zum Forschungsstand auf dem Gebiet taktiler kartographischer Medien

PRODUKT	HERSTELLER	JAHR	TAKTILES AUSGABEFELD	STIMULATOR ABSTAND / AUSLENKUNG	GEWICHT / FORMAT	FUNKTIONSWEISE	ANZAHL / PREIS
<b>VTD</b> (Virtuelles Taktiler Display)	K. RIEGER; Kirchhoff-Institut für Physik der Universität Heidelberg	2001 - 2002	Computermaus mit 5 Displays, bestückt mit je 32 abgerundeten Nadeln (→ fünf 4x8 Matrixen)	n.s. / n.s.	n.s. / n.s.	Die zwei Versionen des VTD Systems sind Vorgänger des See <sub>by</sub> Touch System und wurden im Rahmen einer Diplomarbeit entwickelt. Während die erste Version noch eine geringe Auflösung und eine feste Schienen-Konstruktion für die Führung der Abtasteinheit besaß, wies die zweite Version bereits eine höhere Auflösung und die flexiblere Parallelführung auf. Jedoch benötigte auch sie noch eine separate Einheit für die Elektronik.	2 Prototypen
<b>TIM</b> (Taktile Interaktions Monitor)	ABTIM & Universität Wuppertal	seit 2002	Anzeigefeld mit 256 Stiften, 40x40 mm	2,5 mm / 0,8 mm  Abb. 3.2-8: TIM	n.s. / 14x20x6 mm	Die Einheit Video-TIM (Videosignalverarbeitungseinheit, Minivideokamera und Vorlagenausleuchtung) ist mit der TIM-Basiseinheit verbunden. Die aufgenommenen Bilder werden in Echtzeit (mit über 12 Bildern/s) auf das taktile Display übertragen, wo die Umwandlung in ein taktiler Muster mittels Piezotechnologie erfolgt. Durch unterschiedliche Vibrationen der Tastpunkte können bis zu sieben verschiedene Graustufen bzw. Farben repräsentiert werden. Durch Farbfilter, Zoomfunktionen und Änderungen von Strichstärken sollen die Anwendungsmöglichkeiten erweitert werden. (BVA 2003)	Vertrieb / 27.000 EUR
<b>See<sub>by</sub>Touch</b>	K. RIEGER	seit 2002	Computermaus mit 5 Displays, bestückt mit je 32 abgerundeten Nadeln; aufgebaut auf PS/2 Maus (→ fünf 4x8 Matrixen)	n.s. / n.s.	888g / 48x29x4 cm	See <sub>by</sub> Touch besteht aus einer bewegbaren Einheit, die durch Streben parallel geführt wird. In diese Einheit ist eine aus Braille-Elementen bestehende Abtastmatrix integriert. Die Abtastmatrix des See <sub>by</sub> Touch Systems basiert auf einer VirTouch Maus, bei der sich die beweglichen Stifte in fünf Displays analog zur Struktur des betrachteten Bildes heben und senken. Abhängig von seiner jeweiligen Position kann der Benutzer immer den entsprechenden Ausschnitt des Bildes ertasten. Software und Anleitung zum Aufbau der taktilen Ausgabereinheit stehen seit 01.03.2004 kostenlos zur Verfügung. (RIEGER 2004)	n.s. / nur die Materialkosten
<b>Tactile Shape Display</b>	R. WAGNER, S.J. LEDERMAN, R.D. HOWE	2003	Anzeigefeld mit 36 Stiften (→ eine 6x6 Matrix)	Center-to-Center: 2 mm / Durchmesser: 1 mm / 2 mm in 0,1 mm Schritten	n.s. / 7,6 x 7,6 x 11,9 cm	n.s.	Prototyp
<b>VTPlayer™</b>	Firma VirTouch, Jerusalem	seit 2003	Computermaus mit 2 Displays, bestückt mit je 16 abgerundeten Nadeln (→ zwei 4x4 Matrixen)	n.s. / n.s.	n.s. / wie Computermaus	Der VTPlayer wird über speziell angepasste Bildschirmkarten der TactileMaps™ Serie bewegt, wobei Konturen und Texturen der geographischen Elemente sowie Tasthinweise über die Fingerspitzen erfahren werden. Werden die Tasten bzw. Schaltflächen des VTPlayers angeklickt, nennt die Software die Länge und weitere Hintergrundinformationen. Neben der TactileMaps™ Serie gibt es weitere Multimedia Lernsoftware Anwendungen und Spiele (z.B. Braille Fließband™ oder Entenschießbude™) für blinde und sehgeschwache Menschen. (VirTouch 2003)	Vertrieb / n.s.

Tab. 3.2-2: virtuelle taktiler Displays

(n.s. = nicht spezifiziert)

3. Analyse zum Forschungsstand auf dem Gebiet taktiler kartographischer Medien

**AUDIO-TAKTILE DIALOGSYSTEME**

PRODUKT	ENTWICKLUNG / VERTRIEB	JAHR	HARDWARE-KOMPONENTEN	SOFTWARE-KOMPONENTEN	VORTEILE BESONDERHEITEN	NACHTEILE	ENTWICKLUNGSSTAND	PREIS
<b>TouchBlaster Nomad System</b>	D. PARKES, R. DEAR; University of New South Wales, Australien	1988	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IBM-kompatibler PC</li> <li>• Nomad Pad (A3 Format) mit integriertem Sprachsynthesizer</li> <li>• Lautsprecher</li> <li>• Tastatur</li> <li>• Serielle Schnittstelle für das Nomad Pad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MS-DOS 3.3 oder höher</li> <li>• TouchBlaster™ Software</li> <li>• AudioCAD</li> <li>• AudioTRIP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausdruck von Graphiken mgl.</li> <li>• Verschiedene Arbeitsmodi für Anfänger u. Fortgeschrittene</li> <li>• Mehrere Sprachen</li> <li>• Berechnung von Flächeninhalten, Flächenumfang und Wegstrecken</li> <li>• Richtungsangaben</li> <li>• Interaktiv</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr niedrige Auflösung bzw. gröbere Kartenstruktur, da Finger die Informationsausgabe auslösen</li> <li>• Nur drei Informationsebenen</li> <li>• Kein Autorensystem</li> <li>• Keine klare Verwahrungsstruktur von Dateien und Graphiken</li> <li>• TouchBlaster™ Software funktioniert nur in Verbindung mit dem Nomad Pad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung abgeschlossen,</li> <li>• Kein kommerzieller Erfolg wegen des sehr hohen Preises</li> </ul>	Software und Pad ca. 2500 US \$
<b>AUDIO TOUCH</b>	J. LÖTZSCH, Arbeitsstelle Innovative Techniken, Blinden- und Sehbehindertenverband Sachsen	1992	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standard PC mit 386er Prozessor oder höher</li> <li>• Tastatur</li> <li>• Soundkarte</li> <li>• Lautsprecher</li> <li>• Digitalisiertablett mit Zeigestift (A3-Format)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MS-DOS 5.0 oder höher</li> <li>• Installationssoftware von AUDIO-TOUCH</li> <li>• AudioSketch</li> <li>• AudioGraph</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weitgehende Hard- u. Software Unabhängigkeit</li> <li>• Beinhaltet ein Autorensystem (Audio-Sketch)</li> <li>• Einfache, präzise Bedienung durch Zeigestift</li> <li>• Unbegrenzte Anzahl von Informationsebenen</li> <li>• Übersichtliche Dateiverwaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementierung der Graphiken durch Blinde ist nicht möglich</li> <li>• Eine unzureichende Hilfefunktion steht zur Verfügung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung abgeschlossen</li> </ul>	Software, Tastablett mit Zeigestift ca. 1100 EUR
<b>TACIS (Tactile Acoustic Computer Interaction System)</b>	FRANK AUDIO-DATA	seit 1997	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC ab 850 MHZ, 128 MB Arbeitsspeicher (empfohlen 256 MB), eine freie parallele Schnittstelle)</li> <li>• Mehrkanal-Soundkarte</li> <li>• TACIS Touch Pad mit Tastatur und Keypad</li> <li>• TACIS Taktildrucker</li> <li>• Scanner (optional)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows Betriebssystem (98/ME/2000/XP-Home und Professionell)</li> <li>• TACIS System Software und Treiber</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermöglicht das Scannen von Schwarzweißgraphiken u. deren Konvertierung in eine taktile Graphik</li> <li>• Für TACIS speziell entwickelter grafikfähiger Braille-Drucker (bis A3 Format)</li> <li>• System erlaubt eine Ausschnittsvergrößerung der Graphik</li> <li>• Interaktiver Zugriff auf graphische Benutzeroberfläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur zwei Informationsebenen (1. Klang- oder Tonbilder, 2. Sprachausgabe)</li> <li>• Hoher Preis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projekt in Entwicklung</li> <li>• es liegen einige funktionsfähige Prototypen vor (z.B. Dublin by Touch)</li> </ul>	angestrebt: Preis unter 5000 EUR
<b>TAG (Tactile Audio-Visual Graphics)</b>  (→ Weiterentwicklung von NOMAD)	D. PARKES, R. DEAR; Australien; Vertrieb durch: Repro-Tronics Inc., Westwood, USA	seit 1998	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC [TAGD (DOS) oder TAGW (WINDOWS)]</li> <li>• TAGpad (ein A4 touch screen)</li> <li>• Braille-Ausgabe (Fuser)</li> <li>• (Braille-) Drucker (optional)</li> <li>• Soundkarte</li> <li>• Thermostift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DOS oder WINDOWS 95</li> <li>• AUDIOCAD</li> <li>• AUDIOPIX</li> <li>• AUDIOTRIP</li> <li>• TRACEME</li> <li>• Softwaretreiber</li> <li>• synthetische Sprachausgabe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blinde Nutzer können selber Graphiken erstellen oder aber in die Anwendung importieren</li> <li>• Graphiken können mit Braille- und Schwarzschrift ergänzt werden</li> <li>• Maßstäbe können festgelegt und Flächen gefüllt werden</li> <li>• Ausdruck von Graphiken möglich, auch mit Braille-Drucker (in Punkten)</li> <li>• Virtueller "Travel pool" (Routenplaner), zum Distanz berechnen</li> <li>• Verfügt über ein Autorensystem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr kleines Format (A4), (TAG-System ist dafür aber leichter zu transportieren)</li> <li>• System unterstützt kein Deutsch (nur Englisch und Spanisch)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung abgeschlossen</li> </ul>	800 US \$

3. Analyse zum Forschungsstand auf dem Gebiet taktiler kartographischer Medien

PRODUKT	ENTWICKLUNG / VERTRIEB	JAHR	HARDWARE-KOMPONENTEN	SOFTWARE-KOMPONENTEN	VORTEILE BESONDERHEITEN	NACHTEILE	ENTWICK- LUNGSSTAND	PREIS
<b>Tactile Mapping Project</b>  (→ baut auf das kommerzielle TAG-System auf)	Mapping Services Branch (MSB) of Natural Resources Canada; Canadian Federal Mapping Agency	seit 1998	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC mit Internetzugang</li> <li>• Tastatur</li> <li>• Soundkarte und Lautsprecher</li> <li>• Touch Tablet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haptic (sense of touch) Software</li> <li>• Scalable Vector Graphics-Viewer Software (SVG)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anleitung zum kostenlosen Download von Software, Kartenvorlage und Kartendaten, zum aufschwellen der Karte und zur Nutzung des audio-taktilen Systems (online seit 2004)</li> <li>• Hardware unabhängig</li> <li>• Erhältliche Kartenvorlagen: Tactile Atlas of Canada; Thematic Tactile Atlas of Canada; Maps for Mobility; Maps for Transportation and Tourism</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Informationsebene</li> <li>• Mit dem kostenlosen Software Download besteht keine Möglichkeit, audio-taktile Graphiken selbst zu erstellen</li> <li>• Sehr einfache graphische Gestaltung (Hauptinformationen erfolgen über Sprache, Geräusche und Vibrationen, nicht über unterschiedliche Oberflächenstrukturen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung abgeschlossen</li> </ul>	Kosten fallen nur für die Hardware an, die dazugehörige Software ist kostenlos.
<b>TGD (Tactile Graphics Designer)</b>  (→ Erweiterung des TAG-Systems)	D. PARKES, R. DEAR; Australien, Repro-Tronics Inc.	seit 2001	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC, Tastatur</li> <li>• Soundkarte und Lautsprecher</li> <li>• TagPad</li> <li>• Thermostift</li> <li>• (Braille-) Drucker, Fuser, Schwellpapier</li> <li>• synthetische Sprachausgabe</li> <li>• Microsoft SAPI4, Microsoft Spracherkennung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WINDOWS</li> <li>• TGD TAGW</li> <li>• QIKTAC</li> <li>• TRACEME</li> <li>• AUDIOPIX</li> <li>• AUDIOBRAILLE</li> <li>• AUDIOCAD</li> <li>• AUDIOTRIP</li> <li>• TRAINING DOTS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TGD Software ist in 6 Ausstattungen, die unterschiedlich viele Programmbausteine enthalten und auf die Bedürfnisse der Nutzer zugeschnitten sind, erhältlich. z.B.: - TGD TagW: enthält: QIKTAC, TraceMe, AudioPIX und AudioCAD - TGD O&amp;M (Orientation &amp; Mobility): QIKTAC, TraceMe und AudioTRIP - TGD Training Dots: QIKTAC, TraceMe und Training Dots</li> <li>• Anwendungen: TELALA (Tactile Electronic Atlas of Latin America), TGD World Atlas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• System unterstützt kein Deutsch (nur Englisch, Spanisch, Portugiesisch und Schwedisch)</li> <li>• Programmbausteine und Hardwarekomponenten sind in der Summe sehr teuer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TGD TagW: 800 US \$</li> <li>• TGD O&amp;M: 600 US \$</li> <li>• TGD-Workshop: 1500 US \$</li> <li>• Training Dots: 600 US \$</li> <li>• Workshop: 1500 US \$</li> <li>• TagPad: 195 US \$</li> <li>• Thermostift: 125 US \$</li> <li>• Tactile Image Enhancer: 995 US\$</li> </ul>	
<b>TTT (The Talking Tactile Tablet)</b>	Baruch College Computer Center for Visually Impaired People; Vertrieb durch: S. LANDAU Director of Research; Touch Graphics Company of Brooklyn, NY	seit 2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC Macintosh Computer mit USB-Anschluss &amp; USB Kabel</li> <li>• Touch Screen mit hoher Auflösung und robusten Gehäuse</li> <li>• Tastatur</li> <li>• Soundkarte und Lautsprecher</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WINDOWS</li> <li>• Autorensystem Macro-media Director</li> <li>• Systemsoftware u. Software für die Programm-anwendungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Auflösung, da der Computer jede Berührung des Tablettes als x,y Koordinaten interpretiert, die anschließend mit der Datenbank verglichen werden</li> <li>• Jede Graphik hat die gleiche taktile graphische Benutzeroberfläche</li> <li>• Einfache Bedienung</li> <li>• Möglichkeit, audio-taktile Graphiken selbst zu erstellen</li> <li>• Verfügt über ein eigenes Autorensystem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Informationsebene</li> <li>• Hoher Preis für Anwendungen: Der Talking Tactile Atlas of the World (43 taktile, farbige Karten) kostet zusätzlich zum Tablett ca. 550 US\$</li> <li>• Das Autorensystem zum selbst Erstellen von Graphiken (Teacher's Authoring System) kostet zusätzlich 350 US\$</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung des Systems abgeschlossen;</li> <li>• Kommerzieller Vertrieb seit 2004;</li> <li>• Arbeitet an weiteren Projekten</li> </ul>	USB Kabel, Tablett und die Anwendung Match Game (Lernspiel): 1100 US \$

Tab. 3.2-3: audio-taktile Dialogsysteme

(n.s. = nicht spezifiziert)

3. Analyse zum Forschungsstand auf dem Gebiet taktiler kartographischer Medien

**ELEKTRONISCHE REISEHILFEN**

PRODUKT	ENTWICKLUNG/ VERTRIEB	JAHR	HARDWARE-KOMPONENTEN	SOFTWARE-KOMPONENTEN	VORTEILE BESONDERHEITEN	NACHTEILE	ENTWICK- LUNGSSTAND	PREIS
<b>Atlas Speaks &amp; Atlas Strider</b>								
<b>Atlas Speaks</b>  (Reise- vorbereitungs- system)	LAPIERRE in Zusammen- arbeit mit den gemeinnützi- gen Firmen ARKENSTONE und VISUAIDE	1994 - 2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standard PC mit 386er Prozessor oder höher</li> <li>Video Display Adapter</li> <li>Sprachsynthesekarte</li> <li>Lautsprecher</li> <li>Tastatur mit Braille-Zeile, Maus, Joystick</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MS-DOS Version 5.0 oder höher bzw. Windows 95</li> <li>Atlas Speaks Software</li> <li>Digitale Daten der USA auf CD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Routenplanung durch unbekanntes Gelände von zu Hause aus.</li> <li>Anweisungen für unterwegs können als: Braille-Text, Kassettenaufnahme oder "Braille'n Speak" erstellt werden (kann ohne Atlas Strider genutzt werden).</li> <li>Benutzer bewegen sich mittels eines Cursors auf der Karte, Datenausgabe erfolgt über Sprache.</li> <li>Über Buchstabetasten: Anforderung von Angaben über die Kartenobjekte in Nähe der Cursorposition</li> <li>Richtungsangaben (Grad, Himmelsrichtung, Uhrzeit)</li> <li>Kann den Weg zwischen dem aktuellen und einem wählbaren Zielpunkt errechnen.</li> <li>Über Tastatur kann die Vergrößerung der Karte geändert werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es liegen keine audio-taktilen Karten vor.</li> <li>Hohe Anschaffungskosten für Hard- und Software (geplant waren für die Software inklusive der Daten für eine Region für 500 US\$ und 2000 US\$ für die Daten der gesamten USA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung abgeschlossen</li> <li>Patent</li> </ul>	Kein Vertrieb
<b>Atlas Strider</b>  (Reise- durchführungs- system)			<ul style="list-style-type: none"> <li>GPS Empfänger</li> <li>Notebook Computer und handliche Tragetasche</li> <li>Kopfhörer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strider Personal Orientation Tools</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reiseführer für unterwegs.</li> <li>Auf das Notebook geladene digitale Kartendaten werden in Verbindung mit GPS genutzt.</li> <li>Leichte Handhabung.</li> <li>Gerät wiegt nur 5,5 Kg.</li> <li>Tragetasche als Rucksack oder zum über die Schulter hängen; mit Tasche, um einfach und unauffällig die Tastatur bedienen zu können.</li> </ul>			
<b>MoBIC MoTA (MoBIC Travel Aid)</b>								
<b>MoPS</b>  (MoBIC Pre-Journey System)	MoBIC Projekt (Mobility of Blind and Elderly People Interacting with Computers), gefördert und finanziert von der EU	1994 - 1996	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standard PC mit 486er Prozessor oder höher</li> <li>Sprachsynthesekarte</li> <li>Lautsprecher</li> <li>Tastatur mit Braille-Zeile</li> <li>Touch-Tablett (A3 Format)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Installationssoftware des MoBic Pre-Journey System</li> <li>Digitaler Datensatz, der vom MoPS System verwaltet wird</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Routenplanung durch unbekanntes Gelände von zu Hause aus.</li> <li>Studieren einer audio-taktilen Karte</li> <li>Virtuelle Erkundung der Karte (virtueller Läufer mit gleichzeitiger Beschreibung der Läuferumgebung) mittels Cursortasten (Bewegung: absolut, relativ und schrittweise bezüglich einer bestimmten Strecke).</li> <li>Virtuelle Läufer kann immer angehalten und über Objekte in der Umgebung befragt werden (z.B. Lage von Geschäften u. Bushaltestellen).</li> <li>Informationen lassen sich als Bildschirmtext, der mit einer Braille-Zeile gelesen werden kann, ausgeben.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In Tests bestanden Probleme bei der Formulierung einer konkreten Zieladresse.</li> <li>Hohe Anschaffungskosten (geplant waren 5000 EUR für das gesamte System)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung abgeschlossen</li> </ul>	Kein Vertrieb
<b>MoODS</b>  (MoBIC OutDoor System)			<ul style="list-style-type: none"> <li>GPS Empfänger</li> <li>Kopfhörer</li> </ul>	n.s.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wegbegleiter soll bei der Orientierung im unbekanntem Gelände unterstützen.</li> <li>Nutzung digitaler Karten in Verbindung mit GPS.</li> <li>Mit speziell entwickelter Software können sich Blinde auf dem optischen Kartenlayout mit den Cursortasten bewegen und sich ihren Standort mittels Sprachausgabe verbal ansagen lassen (MOBIC 1997).</li> </ul>			

Tab. 3.2-4: Vergleich verschiedener elektronischer Reisehilfen  
(n.s. = nicht spezifiziert)

Einen Überblick über weitere **GPS-gestützte Navigationssysteme**, die über kein zusätzliches Reisevorbereitungssystem verfügen, liefert die tabellarische Übersicht 3.2-5. Zusätzlich werden zwei Navigationshilfen ohne GPS-Einsatz vorgestellt (vgl. Tab. 3.2-6).

**GPS-GESTÜTZTE NAVIGATIONSSYSTEME**

PRODUKT	ENTWICKLUNG/VERTRIEB	BESONDERHEITEN	PREIS
<b>MoBIC<sup>1</sup></b>	Gemeinschaftsprodukt europäischer Universitäten, der British Telecom und der F.H. Papenmeier GmbH & Co. KG in Schwerte (Entwickler: J. BORNSCHEIN); 1998	<ul style="list-style-type: none"> <li>Im Rucksack befindet sich ein tragbares System, das jederzeit abgefragt werden kann. Auf einer Tastatur gibt der Nutzer Start und Ziel ein, der Computer plant die Route.</li> <li>Die genaue Position des eigenen Standortes wird vom Positionssatelliten auf den Meter genau ermittelt</li> <li>Hauseingänge, Haltestellen von Bussen und Buslinien sind elektronisch gespeichert und werden über den Kopfhörer vermittelt; über Tastatur können neue Daten hinzugefügt werden</li> <li>Nutzer kann immer den aktuellen Standort erfragen, um sich weiter zu orientieren.</li> <li>In Berlin und Birmingham wurden mit einem Prototyp erfolgreiche Versuche durchgeführt.</li> </ul>	ca. 5000 EUR
<b>Elektronischer Blindenhund</b>	Leitung: SCHÄNZER 1995-1999	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektronischer Blindenhund hat die Größe eines Handys, diese Satellitennavigation hilft Sehbehinderten, den richtigen Weg zu finden.</li> <li>Eine elektronische Stimme gibt Anweisungen, damit der richtige Weg sicher gefunden werden kann.</li> <li>Problem: Signal des Satelliten riss ab, wenn der Empfänger hinter einer Mauer oder einem Haus verdeckt war.</li> <li>Lösung: ein Geschwindigkeits- und Erschütterungsmesser, der die Zahl der Schritte misst, die seit dem Abbruch des Signals zurückgelegt wurden und so die exakte Position berechnet bzw. errechnet.</li> </ul>	n.s.
<b>Weg&amp;Ziel</b>	ETEX 2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>Navigationsgerät und Personal Computer.</li> <li>Vereinigt eine Koppelnavigation mit Magnetkompass, Gyro, Inertialsystem und Schrittzähler, dadurch verliert das System die Orientierung auch dann nicht, wenn das DGPS versagt.</li> <li>Alarmiert bei einem Notfall lautlos über GSM und meldet die Position mit Straßennamen und Koordinaten.</li> <li>Wiegt 1980 Gramm.</li> </ul>	n.s.
<b>Trekker™ Versionen 2.5 bis 2.7</b>   <b>Trekker Versionen 2.5 bis 2.7</b>	VisuAide Canada seit 2003  Abb. 3.2-9: Trekker™  Auf dem deutschen Markt seit 2006 verfügbar; vertrieben u.a. durch: F.H. Papenmeier GmbH & Co KG	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mit Hilfe von digitalen Karten und GPS können sich Blinde in städtischen und ländlichen Gegenden global orientieren. Angegeben wird eine GPS-Genauigkeit von durchschnittlich 10-15 m. Zielführung ist zu bestimmten Adressen, zu Markanten Punkten möglich.</li> <li>Virtuelles Gehen in anderen Städten ohne GPS-Erfassung im browsing mode möglich.</li> <li>Kann problemlos in einem sich bewegenden Fahrzeug (z.B. Bus, Taxi) genutzt werden und die Route des Fahrers verfolgen.</li> <li>Kann eine Reiseroute bereitstellen, wenn die Adressen von Anfangs- und Endpunkt eingegeben werden (Routenführer).</li> <li>Informiert über wichtige Objekte und Straßennamen auf der Wegstrecke, Informationen können auch ergänzt werden.</li> <li>Digitale Kartendaten können online gekauft und von der VisuAide Homepage heruntergeladen werden. In Deutschland können Gebietskarten der meisten Länder Europas und der USA auf Anfrage bei Papenmeier bestellt werden. Jedes Jahr soll es ein kostenpflichtiges Update geben, aktuell für 32,50 € pro Gebietskarte. (Deutschland ist in 26 Gebietskarten unterteilt.)</li> <li>Updates von einer niedrigen Version auf eine höhere Version sind möglich (Preis liegt bei ca. 300-400 EUR).</li> <li>Leichtes (ca. 400 g) und kleines (87mm x 134 mm x 27 mm) Gerät.</li> <li>Lange Akkulaufzeit (mind. 5 Stunden).</li> <li>→ ca. 60 Personen verwenden den Trekker in Deutschland (Stand: 2007).</li> <li>stetige Weiterentwicklung der Anwendung</li> </ul>	USA: 1600 US \$  D: ca. 3800 EUR

Tab. 3.2-5: GPS-gestützte Navigationssysteme

<sup>1</sup> Projekte zur Entwicklung von neuen Hilfsmitteln für blinde und stark sehgeschädigte Menschen, wie z.B. das MoBIC-Projekt, können oft nur durch externe finanzielle Unterstützung realisiert werden. MoBIC, dessen Ziel die Entwicklung einer Orientierungs- und Navigationshilfe war, wurde von der Europäischen Union im Rahmen des TIDE Programms (Technology Initiative for Disabled and Elderly people) unter der Leitung von TH. STROTHOTTE gefördert. Projektpartner waren die Universität Magdeburg (D), British Telecom (UK), FH Papenmeier GmbH (D), Freie Universität Berlin (D), RNIB<sup>1</sup> (UK), Universität Birmingham (UK), Universität Hertfordshire (UK) und die Universität Uppsala (S). Auch andere Vorhaben zur Entwicklung neuer taktiler kartographischer Medien sind heute darauf angewiesen, durch staatliche Unterstützung sowie durch großzügige Sponsoren, Stiftungen, Blindenvereine oder gemeinnützige Vereine bzw. Firmen finanziert oder finanziell unterstützt zu werden.

**NAVIGATIONSHILFEN OHNE GPS-EINSATZ**

PRODUKT	ENTWICKLUNG/VERTRIEB	BESONDERHEITEN	PREIS
<b>Hand Guide™</b>	Guideline™; seit 2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handliches Gerät zum erkennen von Hindernissen, Treppen, Löchern (bis ca. 1,5 m) mit Hilfe von Infrarot-Strahlung.</li> <li>• Kann Blindenhund oder Stock problemlos ersetzen.</li> <li>• Größe einer Computermaus.</li> </ul>	ca. 80 US \$
<b>Echoortung mit elektrischen Tönen</b>	D. KISH; Team Bat; World Access for the blind; seit 2003    Abb. 3.2-10: Echoortung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es soll ein geeignetes System zur elektronischen Echoortung auf den Markt kommen und Blinde helfen, sich besser und genauer mit den Ohren orientieren zu können.</li> <li>• Prinzip basiert auf der Echoortung mit elektrischen Tönen, dabei werden spezielle Tonvariablen (Tonsignale) eingesetzt.</li> <li>• Der so genannte "Sound Flash" ist derzeit noch ein Prototyp.</li> </ul>	n.s.

Tab. 3.2-6: Navigationshilfen ohne GPS-Einsatz

**Virtuelle taktile Karten** sind digitale Medien, die zur Vermittlung räumlicher Daten dienen, von interaktiven Computersystemen umgesetzt werden und auf digital gespeicherten Kartendaten (GIS) basieren. SCHNEIDER & STROTHOTTE (2001) verstehen unter virtuellen taktilen Karten „digitale Karten, die nicht graphisch sondern akustisch dargestellt werden, wenn man sie über tastbewegungsähnliche Handgesten bedient“. SCHNEIDER (2001) definiert eine virtuelle taktile Karte als „ein interaktives computerbasiertes dreidimensionales Medium zur haptischen Darstellung verebneter räumlicher Daten<sup>2</sup>“. Virtuelle taktile Karten benutzen digitale Daten eines bestimmten Gebietes, die entsprechend den Fähigkeiten und Bedürfnissen der Nutzer aufbereitet sind, eine begrenzte Anzahl von Attributen aufweisen und als computerbasierte Medien die Interaktion mit Daten erlauben. Blinde können eine virtuelle taktile Karte mit den Händen erkunden, um Informationen über ein Gebiet oder ein Gebäude zu erlangen, wobei sie ein stetiges Feedback vom Computer erhalten. Die Exploration kann entweder geführt und zielgerichtet (z.B. entlang eines bestimmten Weges) oder frei erfolgen. In einfachen virtuellen taktilen Karten kann die Symbolisierung nur indirekt erfolgen. SCHNEIDER (2001) hält fest: „Räumliche Gegebenheiten werden in virtuellen taktilen Karten durch ihren jeweiligen Ort dargestellt. Symbolische und Detailangaben können auf diese Art nur schwer vermittelt werden. Interaktionshinweise müssen dynamisch erzeugt werden und sind nur für kurze Zeit gültig. Zeichen der drei zuletzt genannten Arten werden daher akustisch vermittelt. Für Namen bietet sich eine Sprachausgabe an. Andere Daten, vor allem solche, die in ähnlicher Form während der Interaktion wiederholt dargestellt werden, z.B. Entfernungen, werden klanglich ausgegeben. Neben Angaben zu Strecken und die sich durch die Lage mehrerer Strecken zueinander ergebenden Phänomene wie Kreuzungen und Abbiegungen, vermitteln virtuelle taktile Karten auch Angaben zu punktförmigen und flächigen Elementen. Dazu gehören Gebäude wie Sehenswürdigkeiten und Ämter sowie Flächen und Plätze“ (SCHNEIDER 2001, S. 45). Da in virtuellen taktilen Karten weniger die Gesamtkarte, sondern Straßen und ihre Verbindungen zu bestimmten Strecken im Vordergrund stehen, nehmen sie die Horizontperspektive ein. In der folgenden Tabelle sollen zwei Entwicklungen von virtuellen Karten vorgestellt werden.

<sup>2</sup> Verebnete räumliche Daten sind räumliche Daten, die für die Darstellung auf die Fläche reduziert wurden. Die dritte Dimension dient dabei der unterscheidbaren Darstellung von Informationen unterschiedlicher Ebenen oder Wichtigkeit (SCHNEIDER 2001, S. 38).

**VIRTUELLE TAKTILE KARTEN**

<b>Produkt</b>	<b>Entwicklung</b>	<b>Besonderheiten</b>
<b>KnowWhere™</b>	M.W. KRUEGER, D. GILDEN; seit 1997	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das System basiert auf der optischen Gestenerkennung und stellt für Blinde eine flexible Schnittstelle zu Karten bereit.</li> <li>• Finger bewegen sich auf einer virtuellen, weder optisch noch taktil dargestellten Karte auf einer beleuchteten Tischoberfläche, die mit einem taktilen Gitter versehen ist und von einer darüber angebrachten Kamera beobachtet werden (Videodesk Anwendung). Die geographischen Daten werden dargestellt, indem ein Geräusch (als Sprache für Namen oder Töne) erklingt, sobald die Hand die imaginären Abbilder auf der Tischoberfläche berührt.</li> <li>• Die virtuelle Karte kann vergrößert werden, so dass ein beliebig ausgewähltes Gebiet die gesamte Tischfläche einnehmen kann.</li> </ul>
<b>virtuelle taktile Karten</b>	J. SCHNEIDER; Dissertation an der Fakultät für Informatik; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; seit 2001	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung, um digitale Karten durch eine Kombination von Ertasten sowie einer akustischen Ausgabe in Form von Sprache und nichtsprachlichen Klängen erkunden zu können, die auf dem KnowWhere™ – System basiert.</li> <li>• Die Anwender bewegen sich mit ausgestrecktem Zeigefinger auf einer Unterlage (Lichttisch) auf einem taktilen Gitter. Über dieser Unterlage befindet sich eine auf einem Ständer angebrachte (transportable) Kamera, die die gesamte Tischfläche mit den sich darauf befindenden Händen aufnimmt. Durch ein Gestenerkennungssystem werden aus diesen Aufnahmen Handpositionen und Handstellungen ermittelt. Auf die Unterlage wird eine digitale Karte, die aber unsichtbar bleibt, projiziert. Berührt eine Hand ein geographisches Objekt auf dieser virtuellen Karte, erhält der Kartennutzer entsprechende akustische Informationen (z.B. Ausgabe des Objektnamens).</li> <li>• Schwerpunkt dieser Arbeit war die Gestaltung der Interaktion, da die digitalen Karten erforscht werden sollen, indem bestimmte Bewegungen zu kurzen akustischen Informationen bzw. zu Änderungen von kontinuierlichen Informationsausgaben führen.</li> <li>• Erster Prototyp liegt vor.</li> <li>• Noch kein kommerzieller Vertrieb.</li> </ul>

Tab. 3.2-7: virtuelle taktile Karten

## 4 Die Funktion taktiler kartographischer Medien

Die umfassende Analyse der Funktion (taktile) kartographischer Medien gehört zu den wichtigsten Aufgaben der theoretischen Kartographie, da die Entwicklung von hoch effizienten (taktile) kartographischen Abbildungsstrukturen mit der Erforschung ihrer Funktionen eng verbunden ist. Nur ein sowohl auf die kartographische Disposition<sup>1</sup> seiner Nutzer als auch auf seine Funktionen abgestimmtes taktiles kartographisches Medium kann den menschlichen Prozess der georäumlichen Informationsverarbeitung und Erkenntnisgewinnung gezielt und hocheffizient unterstützen.

Zu Beginn des folgenden Kapitels soll der allgemeine Funktionsbegriff in der Kartographie analysiert werden, bevor die klassische Gliederung der Funktionen von PÁPAY (1973) überprüft, auf die heutigen Verhältnisse erweitert und auf taktile kartographische Medien übertragen wird. Im Anschluss folgt eine Untersuchung der Haupt- und Nebenfunktionen taktiler kartographischer Medien (vgl. Kap. 4.2).

### 4.1 Allgemeiner Funktionsbegriff und der Funktionsbegriff in der Kartographie

Im 17. Jahrhundert wurde der Begriff Funktion aus dem lateinischen Wort *functio* ins Deutsche eingebürgert und bedeutete ursprünglich Verrichtung oder Geltung. Der heutige moderne Funktionsbegriff kann für die Tätigkeit oder das Arbeiten, für ein Amt bzw. die Stellung von Personen, für eine klar umrissene Aufgabe bzw. Tätigkeit innerhalb eines größeren Zusammenhanges, als Rolle (z.B. die Funktion der Kunst in der modernen Gesellschaft), als Zweck oder Bestimmung aber auch für das Darstellen von Sachverhalten stehen und wird in den verschiedenen Fachbereichen entsprechend unterschiedlich definiert (DUDEN 1995 - Das große Wörterbuch der deutschen Sprache in acht Bänden, Bd. 1, S. 229).

Zu Beginn einer konkreten Auseinandersetzung mit dem Funktionsbegriff in der Kartographie fällt auf, dass in sowohl älteren Nachschlagewerken wie dem "ABC Kartenkunde" von 1983 als auch im 2002 neu herausgegebenen umfangreichen "Lexikon der Kartographie und Geomatik" keinerlei Definitionen oder Erläuterungen zu gewissermaßen grundlegenden Stichwörtern wie Funktion, Funktionstheorie, Kartenfunktion, Kartenzweck oder Zweckbestimmung vorliegen<sup>2</sup>. Selbst im Lehrbuch "Kartographie" von HAKE, GRÜNREICH & MENG (2002), das als umfassendes Standardwerk des Wissenschaftszweiges Kartographie im deutschsprachigen Raum gelten kann, befindet sich im Sachregister kein diesbezügliches Stichwort. Damit steht fest, dass es in der visuellen Kartographie derzeit keine allgemeingültige und einheitliche Definition zum kartographischen Funktionsbegriff gibt.

Bis heute sind die Kartenfunktionen auf dem Gebiet der sowohl visuellen als auch taktilen Kartographie noch ungenügend erforscht. Während in der visuellen Kartographie wenige theoretische Grundlagen vorliegen (vgl. PÁPAY 1973, HAKE 1984, FREITAG 1993), kann die taktile Kartographie derzeit noch keine eigenständigen Ansätze oder Ableitungen vorweisen. Im folgenden Abschnitt werden zunächst die zur Verfügung stehenden theoretischen Auseinandersetzungen mit dem Funktionsbegriff zusammengetragen und analysiert, bevor im Kapitel 4.2 ein erster theoretischer Ansatz zur Untersuchung der Funktion taktiler kartographischer Medien geschaffen wird.

Nach WITT (1979) sollte jeder Kartenkonzeption eine Analyse nach dem Kartenzweck vorausgehen, um wichtige Kriterien für eine zweckentsprechende Kartengestaltung zu erlangen. Solange umfassende Untersuchungen über die speziellen Nutzergruppen fehlen, können von Seiten der Kartenredakteure nur Vermutungen über Ansprüche und Erwartungen der Benutzer aufgestellt werden. In seinem Lexikon der Kartographie benennt er **sechs**

<sup>1</sup> Die kartographische Disposition charakterisiert die Fähigkeit bzw. das Umsetzungsvermögen der Kartennutzer (vgl. HÄCKER & STAFF 2004, S.189).

<sup>2</sup> Eine Ausnahme bildet das "Lexikon der Kartographie" von WITT (1979), welches das Stichwort Kartenfunktionen enthält (S. 277-278).

**Funktionen** von Karten als Orientierungs-, Darstellungs-, Forschungs-, Planungs-, Rechts- und Propagandamittel, ohne jedoch eine Rangfolge anzugeben oder Haupt- und Nebenfunktionen zu benennen.

OGRISSEK (1980 b) klassifiziert die kartographischen Darstellungsformen u.a. in Übereinstimmung mit ihrer **Zweckbestimmung** (z.B. in Planungskarten, Seenavigationskarten, Orientierungslaufkarten, Lehrkarten, Wanderkarten u.a.), die „der Ausgangspunkt aller Überlegungen und Maßnahmen zur Kartenherstellung und Kartennutzung sein muss“ (S. 147). Nach OGRISSEK (1987) hat die Untersuchung der Funktionen kartographischer Darstellungen „große praktische Bedeutung, weil sie die Grundlage einer Theorie der Funktionen kartographischer Darstellungsformen darstellt, die ihrerseits wiederum die Anleitung zur optimalen Kartengestaltung bildet“ (S. 146) (vgl. Kap. 6, Wechselwirkungen von Struktur und Funktion). Eine Anleitung zur optimalen Kartengestaltung entscheidet über die Effektivität des Einsatzes von Karten in verschiedenen Bereichen (z.B. Bildung, Erholung). Die Ausarbeitung einer Funktionstheorie der kartographischen Darstellungsformen beweist zudem „die Richtigkeit der Einführung der Kartennutzung als eine Hauptkomponente eines Systems der Theoretischen Kartographie“ (OGRISSEK 1987, S. 147).

Laut BOLLMANN (2002) dienen Karten als „**graphisches Hilfsmittel** zur Orientierung und Navigation, als **Arbeitsinstrument** zur Überprüfung, Plausibilitätskontrolle, Modellberechnung oder Simulation, als **Entscheidungsinstrument** zur raumbezogenen Planung, Führung und Organisation, als **Unterrichtsinstrument** über Situationen und Vorgänge oder zur **Dokumentation** von Analyse- und Bewertungsergebnissen“ (LdKG, Stichwort: Kartennutzung, Bd. 1, S. 442).

Wichtiger als die Aufzählung und Einteilung der Kartenfunktionen ist nach HERZOG (1992) jedoch die „weitergehende **Konkretisierung der möglichen Kartenfunktionen**, bei der man auf verschiedene Nutzergruppen und Nutzungsbedingungen stößt“ (HERZOG 1992, S. 220). Eine funktionsgerechte Kartengestaltung, die eine wesentliche Voraussetzung für einen einwandfreien Kommunikationsprozess bildet, kann nur dann gewährleistet werden, wenn die angestrebte Funktion der Karte sowie die sich daraus ergebenden Nutzergruppen und Nutzungsbedingungen bekannt sind. Infolgedessen müssen eingehende Kenntnisse über die Aspekte der verschiedenen Nutzergruppen (die kartographische Disposition der Nutzer) erworben sowie die unterschiedlich ausgeprägten Nutzungsbedingungen so genau wie möglich erfasst werden (vgl. Kap. 4.3).

FUNKTION DER KARTE	ANWENDUNGSBEREICH	ZWECK DER KARTENAUSWERTUNG
Beschreibung	Bildung	Allgemeine Vermittlung von Wissen: Unterricht, Selbststudium, Erläuterung aktueller Geschehnisse, Kommunikation über Geobjekte Spezielle Kenntnisse: z.B. Bodenrecht, zeitliche Datierung usw.
Arbeitsmittel als Informationsquelle und Grundlage neuer Darstellungen	Orientierung	Zurechtfinden (örtlich und häuslich) Aufsuchen von Wegen und Zielobjekten, Wandern, Sport, Militärische Operationen
	Verwaltung	Bestandsermittlung Organisations- und Entscheidungshilfe
	Planung	Entwicklung und Festlegung von Zielen: <u>Flächenhaft</u> : Land- u. Forstwirtschaft, Industrie, Wasserwirtschaft, Raumordnung u. Städtebau <u>Linienhaft</u> : Verkehrswege, Ver- und Entsorgung, Energiewirtschaft
	Kartographie, GIS	Unterlage für andere kartographische Informationssysteme: Amtliche und private Stellen des Vermessungs- und Kartenwesens, Quelle und Grundlage für Folgekarten und thematische Karten
Analyse, Forschung	Wissenschaft	Raumanalyse, Prüfung von Hypothesen, Erkenntnisgewinnung aus Art der Darstellung Geowissenschaften, Ur-, Siedlungs-, Verkehrs- und Wirtschaftsgeschichte

Tab. 4.1-1: Zwecke der Kartenauswertung (HAKE, GRÜNREICH & MENG 2002, S. 383)

HAKÉ führte bereits 1984 eine genaue **Konkretisierung** der möglichen Kartenfunktionen durch, die er stetig aktualisierte. Dabei stößt er auf die verschiedenen Nutzergruppen und Nutzungsbedingungen, stellt aber die Kartenfunktion und Anwendungsbereiche in den Vordergrund seiner Ausführung (vgl. Tab. 4.1-1). Zu Beginn der Kartenauswertung gilt die Karte stets als Darstellungsmittel mit beschreibender Funktion, als Arbeitsmittel oder als Forschungs- bzw. Erkenntnismittel. Die spezifischen **Zwecke der Kartenauswertung** (Kartenfunktionen) sind sehr verschieden und liegen in den Anwendungsbereichen der Bildung (allgemeine Vermittlung von Wissen), Orientierung (örtliches und häusliches Zurechtfinden), Verwaltung (Bestandsermittlung, Organisations- und Entscheidungshilfe), Planung (Entwicklung, Festlegung von Zielen), Kartographie (Unterlage für andere kartographische Informationssysteme) und in der Wissenschaft (Raumanalyse, Prüfung von Hypothesen, Erkenntnisgewinnung aus der Art der Darstellung) (vgl. HAKÉ 1984, HAKÉ, GRÜNREICH & MENG 2002).

Nach PÁPAY (1973), von dem die erste Definition für den Funktionsbegriff in der Kartographie stammt, stellt die **Funktion kartographischer Darstellungsformen** „die Rolle der kartographischen Darstellungsformen im Erkenntnisprozess und in der praktischen Tätigkeit bzw. die Erfüllung bestimmter Aufgaben, die aus der Zielstellung der Benutzer resultiert“ dar (S. 234).

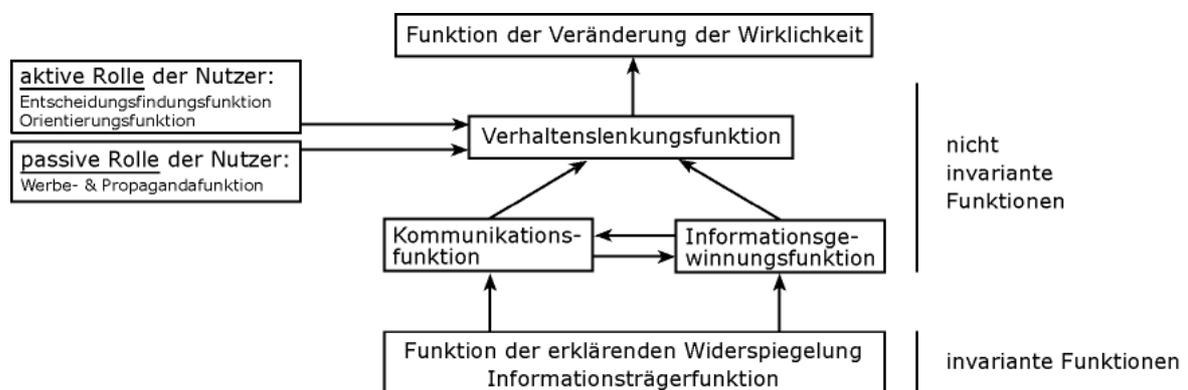


Abb. 4.1-1: Gliederung der Funktionen kartographischer Darstellungsformen nach PÁPAY (1973), leicht verändert

Er unternimmt eine Unterteilung in invariante und nicht invariante Funktionen kartographischer Darstellungsformen, wobei die **invarianten Funktionen** von allen kartographischen Darstellungsformen erfüllt werden, während die **nicht invarianten Funktionen** ausgewählte Funktionen sind, die nur von bestimmten kartographischen Darstellungsformen erfüllt werden können. Gleichzeitig kann die Struktur einer bestimmten kartographischen Darstellungsform unterschiedliche nicht invariante Funktionen erfüllen. Zu den nicht invarianten Hauptfunktionen zählen die Kommunikations-, Informationsgewinnungs- und Verhaltenslenkungsfunktion, die eine Hierarchie bilden und sich weiter unterteilen lassen. Wie der Abbildung 4.1-1 zu entnehmen ist, wird nach PÁPAY (1973) für die Erfüllung der Verhaltenslenkungsfunktion eine Hauptfunktion, die Kommunikations- oder Informationsgewinnungsfunktion, vorausgesetzt.

Bezugnehmend auf die Arbeit von PÁPAY (1973) stellte FREITAG (1993) eine eigene Hierarchie der Funktionen kartographischer Medien auf. Wie PÁPAY differenziert er dabei zwischen **zwei invarianten Funktionen**, die von jedem kartographischen Modell bzw. jeder Karte erfüllt werden, der Informationsträgerfunktion und der Funktion der erklärenden Widerspiegelung<sup>3</sup>. Anders als PÁPAY (1973) unterscheidet FREITAG (1993) **vier variante Kartenfunktionen** (kognitive Funktion, Kommunikationsfunktion, Entscheidungsunterstützungsfunktion, soziale Funktion).

<sup>3</sup> Ursprünglich stammt die Widerspiegelungstheorie von LENIN, die 1909 in seiner Abhandlung über „Materialismus und Empirio-kritizismus“ formuliert wurde. Sie geht „von der Grundthese aus, dass Erkenntnis ein Abbild der objektiven, außerhalb und unabhängig vom erkennenden Subjekt existierenden Realität ist“ (STEURER 1989). OGRISSEK (1987) formulierte die Widerspiegelungstheorie innerhalb der theoretischen Kartographie u.a. in Bezug auf die kartographischen Ausdrucksformen wie folgt: „Das kartographische Abbild lässt sich definieren als Form der Widerspiegelung der Prozesse und Erscheinungen der Realität im Bewusstsein des Kartenlesers bzw. in einem kartenlesenden Gerät, die mit Hilfe einer räumlichen Kombination kartographischer Zeichen erzeugt wird“ (S. 153).

Die **kognitive Funktion** umfasst alle Prozesse und Operationen sowie Modelle, die räumliches Wissen erzeugen und erhöhen bzw. erweitern, wobei die jeweiligen Anforderungen an die Nutzergruppen und die Fähigkeiten, über die die Kartennutzer zum begreifen dieser Modelle verfügen, berücksichtigt werden müssen. „All processes of manual and computer-assisted map analysis, transformations, generalisation, simulations, animations, etc. should be listed here, if possible in a sequence of operations leading from near reality models to very abstract models of space“ (FREITAG 1993, S. 4).

Die **Kommunikationsfunktion** setzt die kognitiven Funktionen voraus und umfasst neben der Demonstrationsfunktion alle weiteren Prozesse und Operationen, die der Wissensübermittlung vom Kartenhersteller zum Kartennutzer dienen. Die Kommunikationsfunktion kann dabei, in Abhängigkeit vom Umfang des übermittelten Wissens, dem Niveau der Vorkenntnisse und nach der Art und Weise des Wissenstransfers (z.B. mit Hilfe von technischen Hilfsmitteln) in mehrere Unterfunktionen (Subfunktionen) unterteilt werden. Des Weiteren verkörpert die Kommunikation mittels Massen-, Bildungs- oder Verwaltungsmedien die Dimensionen der Kommunikationsfunktion.

Die **Entscheidungsunterstützungsfunktion** umfasst alle Prozesse und Operationen, die, indem sie räumliche Erscheinungen und Sachverhalte bewerten, zu Entscheidungen und Aktionen führen (z.B. Planung, Orientierung, Navigation, Überzeugung in Form von Werbung oder Propaganda). Sie setzt die kognitiven Funktionen und Kommunikationsfunktionen unbedingt voraus.

**Soziale Funktionen** beinhalten Prozesse, die keine räumlichen, sondern ausschließlich soziale Handlungen zur Folge haben. Zu den Unterfunktionen zählen laut FREITAG (1993) die professionellen Funktionen (z.B. professionelles Training, Expertenwissen), die Kontrollfunktionen, die Karten als Werkzeuge der sozialen Macht beschreiben (z.B. durch Copyright oder Monopol an kartographischen Einrichtungen) und die kulturellen Funktionen (z.B. Karten als Kunst- oder Prestigeobjekte für Sammler). Die sozialen Funktionen gehören nicht zu den Hauptfunktionen kartographischer Medien.

Mit Hilfe der Abbildung 4.1-2 soll versucht werden, die Gliederung der Kartenfunktionen nach den Ausführungen von FREITAG (1993), die auf den Grundlagen von PÁPAY (1973) beruhen, graphisch zusammenzufassen.

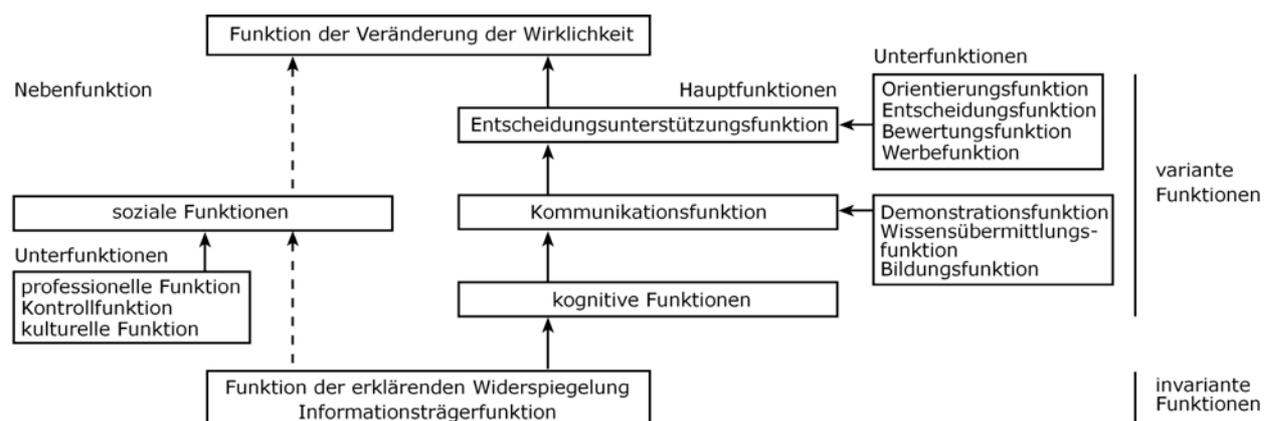


Abb. 4.1-2: Gliederung der Kartenfunktionen, erstellt nach den Ausführungen von FREITAG (1993), in Anlehnung an PÁPAY (1973)

## 4.2 Die Funktionen taktiler kartographischer Medien

So wie die visuellen kartographischen Medien vermitteln und verändern auch taktile kartographische Medien in der Regel raumbezogenes Wissen, wobei die Zweckbestimmung der kartographischen Medien gezielt ihre vorgesehenen und damit geplanten Funktionen darstellen, d.h. die Funktionen entscheiden darüber, wozu (zu welchen Zweck) die (taktile) kartographischen Medien letztendlich eingesetzt werden sollen. Vergleichbar den visuellen kartographischen Medien können auch taktile kartographische Medien mehrere Funktionen auf einmal erfüllen.

Zur **Gliederung der Funktionen** (visueller und taktiler) kartographischer Medien müssen die einzelnen (Haupt-) Funktionen in ein hierarchisches System gebracht werden, das ihre Rollen und ihre Abhängigkeiten voneinander widerspiegelt. Dabei soll die folgende Ableitung des hierarchischen Systems der Funktionen von sowohl visuellen als auch taktilen kartographischen Medien auf den Grundlagen von PÁPAY (1973) und FREITAG (1993) beruhen. Folgender Ansatz bietet einerseits eine Weiterentwicklung der zwei vorliegenden Systeme von PÁPAY (1973) und FREITAG (1993) und andererseits eine gleichzeitige Adaption der Gliederung auf taktile kartographische Medien. Eine vergleichende Gegenüberstellung beider Ordnungen bietet sich an, da auch in der visuellen Kartographie mit Ausnahme von FREITAG (1993) nicht mehr an dem Grundansatz von PÁPAY (1973) weitergearbeitet wurde.

Das Grundschema zur hierarchischen Gliederung der Funktionen visueller kartographischer Darstellungsformen in invariante und nicht invariante Funktionen von PÁPAY (1973) ist als elementarer Baustein für die Ableitung auf die Funktionen taktiler kartographischer Medien grundsätzlich geeignet (vgl. Abb. 4.1-2). Dagegen kann die von FREITAG (1993) weiterentwickelte (und viel zu allgemein gehaltene) Ordnung der invarianten und varianten Funktionen nicht als Grundgerüst zur Ableitung auf die Funktionen taktiler kartographischer Medien verwendet werden (vgl. Abb. 4.1-3). Seiner Gliederung fehlt die Informationsgewinnungs- bzw. Erkenntnisfunktion, die als die entscheidende Zwischenverbindung von Kommunikation und Verhaltenslenkung steht, da sowohl zwischen der Kommunikations- und Informationsgewinnungsfunktion als auch zwischen der Informationsgewinnungs- und Verhaltenslenkungsfunktion kontinuierliche Rückkopplungen (Wechselwirkungen) bestehen. Für die Erfüllung der Verhaltenslenkungsfunktion wird in der sowohl visuellen als auch taktilen Kartographie stets die Kommunikations- und Informationsgewinnungsfunktion vorausgesetzt.

Sowohl alle visuellen als auch alle taktilen kartographischen Medien erfüllen die allgemeine **Informationsträgerfunktion**, die sich in weitere Unterfunktionen, wie die Abbildungs- und Repräsentationsfunktion sowie die Modellfunktion unterteilen lässt. Im Sinne von PÁPAY (1973) gelten sie als invariante Funktionen und sollen den Grundbaustein für die folgende hierarchische Ordnung der Funktionen bilden.

PÁPAY'S hierarchische Untergliederung der drei **varianten Hauptfunktionen** visueller kartographischer Medien in die Kommunikations-, Informationsgewinnungs- und Verhaltenslenkungsfunktion kann für taktile kartographische Medien nicht in dieser Form bestehen bleiben. Im Vergleich zu den (Haupt-) Funktionen der visuellen kartographischen Medien ergeben sich für die taktilen kartographischen Medien z.T. andere Hauptfunktionen sowie unterschiedliche Funktionalitäten und damit auch unterschiedliche Ziele der jeweiligen Nutzergruppen, die im Folgenden abgeleitet werden sollen.

Nach PÁPAY (1973) handelt es sich bei der **Kommunikationsfunktion** um eine variante Funktion, weil „Modellierer und Benutzer kartographischer Darstellungsformen auch identisch sein können“ (S. 236). Diese Aussage kann für taktile kartographische Medien nur bedingt für den speziellen Fall zutreffen, dass sich ein sehbehinderter Nutzer mit Hilfe eines Routenplaners, der einen Bestandteil der elektronischen Reisehilfe bildet, eigenständig Routen durch unbekanntes Gelände von zu Hause aus plant und entsprechende Anweisungen für unterwegs akustisch aufzeichnet oder ausdrückt (vgl. Kap. 3.2). Dabei ist nicht außer Acht zu lassen, dass es sich bei den so "modellierten" Informationen für unterwegs um keine taktilen Karten, sondern vielmehr um verbale Anweisungen, wie z.B. Richtungsangaben

oder Abstände zwischen zwei Objekten, handelt. Die Modellierer und Benutzer taktiler kartographischer Medien sind in der Regel aber nicht identisch!

Unabhängig davon, ob die Kommunikationsfunktion eine Hauptfunktion eines taktilen kartographischen Mediums oder eine wesentliche Bedingung zur Realisierung einer anderen Hauptfunktionen darstellt, wird sie generell von allen taktilen kartographischen Medien erfüllt und soll daher (so wie die Informationsträgerfunktion) als invariante Funktion aufgefasst werden.

Die **Erkenntnisfunktion** schließt die Informationsgewinnungsfunktion visueller und taktiler kartographischer Medien im Sinne von PÁPAY (1973) mit ein. Sie wird als einzige Hauptfunktion von den visuellen und taktilen kartographischen Medien in ihren grundlegenden Funktionalitäten, wie der Informationsgewinnung, Erkenntniserweiterung (Bildungsfunktion) und der allgemeinen Bewusstseinsbildung gleichermaßen erfüllt.

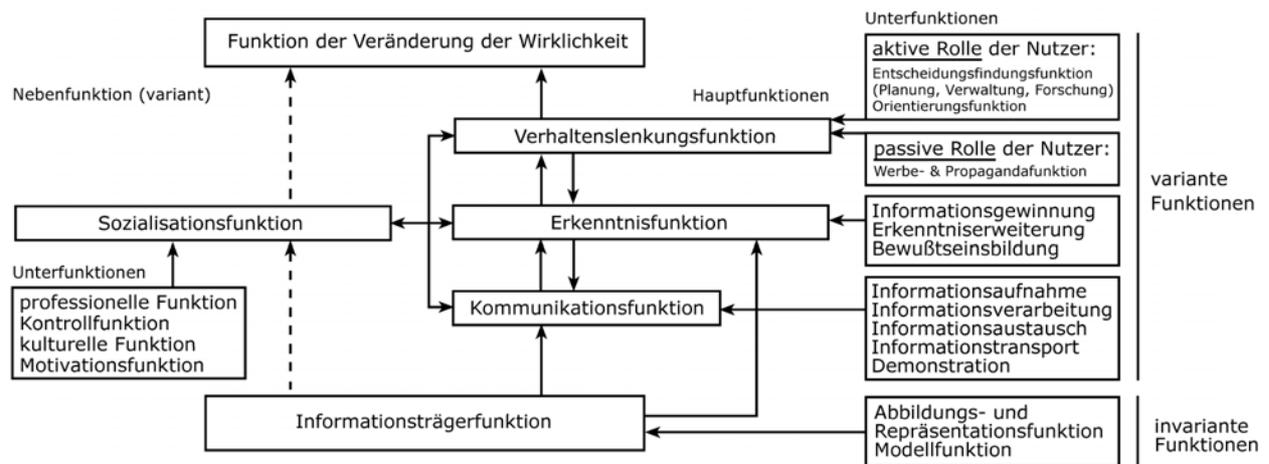


Abb. 4.2-1: Neue Gliederung der Funktionen visueller kartographischer Medien

Nach PÁPAY (1973) wird die **Verhaltenslenkungsfunktion** erfüllt, wenn das Verhalten der Benutzer durch die Benutzung visueller kartographischer Medien modifiziert wird. Zur Erfüllung der Verhaltenslenkungsfunktion können die Benutzer eine aktive oder passive Rolle spielen. Folgerichtig kann die Funktion der Verhaltenslenkung in zwei Funktionsarten aufgliedert werden.

Die Benutzer spielen eine **aktive Rolle**, wenn sie die kartographischen Medien zielgerichtet benutzen, um ihre Anliegen zu erfüllen. Das Bewusstsein der Nutzer fungiert als das "steuernde bzw. regelnde System". Hier können nochmals zwei Funktionsarten (Unterfunktionen), die Orientierungsfunktion und die Entscheidungsfindungsfunktion, unterteilt werden. Die **Orientierungsfunktion** stellt die unmittelbare Verhaltenslenkung mit Hilfe des kartographischen Mediums dar und ist in der visuellen Kartographie die Hauptfunktion von Touristenkarten, Autokarten oder Karten für den Orientierungslauf. Die **Entscheidungsfindungsfunktion** modifiziert bzw. ändert das Verhalten der Kartennutzer in Bezug auf die von ihnen zu leitenden bzw. zu bearbeitenden Prozesse, die entweder unmittelbar den kartographischen Medien entnommen oder mit Hilfe der kartographischen Medien gewonnen werden. Die Entscheidungsfindung stellt eine wichtige Funktion visueller kartographischer Medien bei der Verwaltung, Planung, Leitung (z.B. von militärischen Aktionen) oder Bewertung dar.

Der Benutzer visueller kartographischer Medien spielt eine **passive Rolle**, wenn bei ihm durch die Benutzung der Medien „neue Bedürfnisse entstehen, oder bereits vorhandene, wenig ausgeprägte Bedürfnisse gesteigert werden“ (Werbe- und Propagandafunktion). Das steuernde System für die Benutzer ist hier das visuelle kartographische Medium selbst (PÁPAY 1973, S. 237).

Anders als in der visuellen Kartographie, wo sich die **Verhaltenslenkungsfunktion** aus den Unterfunktionen der Orientierungs-, Entscheidungsfindungs-, Werbe- und Propagandafunktion zusammensetzt, ist die **Orientierungsfunktion** in der taktilen Kartographie die einzige Funktion, die das Verhalten seiner Nutzer beeinflusst und lenkt! Das heißt, in der taktilen Kartographie stellt die Orientierungsfunktion die alleinige Verhaltenslenkungsfunktion dar und ist damit das resultierende Ergebnis aus den vorangegangenen Kommunikations- und Erkenntnisgewinnungsprozessen. Weitere Funktionen der Verhaltenslenkung, die in der visuellen Kartographie zur Beeinflussung oder Entscheidungsfindung der Mediennutzer dienen (wie z.B. für Werbung und Propaganda, in der Planung und Verwaltung oder als Forschungsmittel), sind für taktiler kartographische Medien nicht relevant.

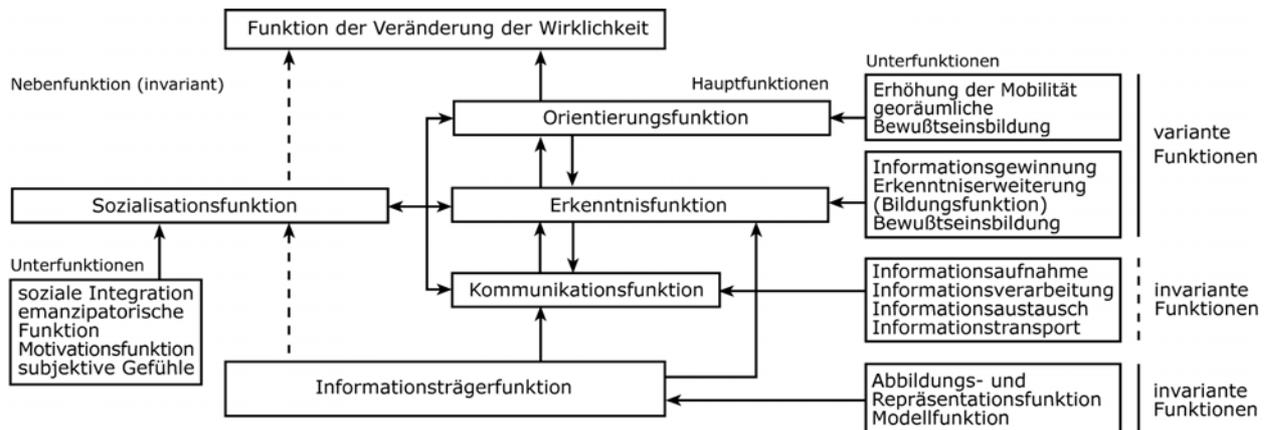


Abb. 4.2-2: Erster Ansatz zur Gliederung der Funktionen taktiler kartographischer Medien

Die von PÁPAY (1973) noch nicht mit berücksichtigten und von FREITAG (1993) neu hinzugefügten **sozialen Funktionen** (Sozialisationsfunktionen) sind keine Hauptfunktionen und sollen in die Gliederung (vgl. Abb. 4.2-1) als Nebenfunktionen visueller kartographischer Medien mit aufgenommen werden. Nach FREITAG (1993) handelt es sich um variante Funktionen, da professionelle, kulturelle oder Kontrollfunktionen nicht von allen visuellen kartographischen Medien erfüllt werden können.

Zu den **Sozialisationsfunktionen** taktiler kartographischer Medien, die sich von denen der visuellen kartographischen Medien grundlegend unterscheiden, gehören u.a. die soziale Integrationsfunktion und die damit verbundene Unabhängigkeit von sehenden Helfern. Sie stehen in stetiger Korrelation mit den drei Hauptfunktionen und können (bzw. sollten) von allen taktilen kartographischen Medien erfüllt werden. Daher handelt es hier nicht im Sinne von FREITAG (1993) um variante, sondern eher um invariante Funktionen (vgl. Abb. 4.2-2).

Wie die Abbildungen 4.2-1 und 4.2-2 zeigen, sind alle Hauptfunktionen weiter unterteilbar in verschiedene Funktionalitäten (Unterfunktionen), die ein bestimmtes (visuelles bzw. taktiler) kartographisches Medium erfüllen kann bzw. soll. Diese Funktionalitäten spiegeln gleichzeitig die einzelnen Ziele der jeweiligen Hauptfunktionen wider.

Die folgende tabellarische Zusammenstellung 4.2-1 veranschaulicht die gegenwärtigen Funktionalitäten der taktilen kartographischen Medien mit ihren dazugehörigen Aufgaben und Anforderungen an das Medium, ihren Zielen sowie den verschiedenen Anwendungsbereichen dieser Medien.

4. Die Funktion taktiler kartographischer Medien

FUNKTION	FUNKTIONALITÄTEN	FUNGIEREN ALS:	AUFGABEN UND ZIELE	ANWENDUNGSBEREICHE	MEDIUM
<b>Orientierungsfunktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientierung</li> <li>• Erhöhung der Mobilität</li> <li>• georäumliche Bewusstseinsbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Navigations- bzw. Orientierungsmittel</li> <li>• Entscheidungsmittel</li> <li>• Hilfsmittel</li> <li>• Darstellungsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiedererkennen einer Umgebung</li> <li>• selbständiges Zurechtfinden im Gelände/Gebäude</li> <li>• Aufsuchen von bestimmten Wegen und Zielobjekten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• örtliches und häusliches Sichzurechtfinden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientierungs- und Mobilitätspläne</li> <li>• elektronische Reisehilfen</li> <li>• GPS-gestützte Navigationssysteme</li> </ul>
<b>Erkenntnisfunktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationsgewinnung</li> <li>• Erkenntniserweiterung bzw. Wissensgenerierung (Bildung)</li> <li>• allgemeine Bewusstseinsbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informations- und Erkenntnismittel</li> <li>• Lehr- und Bildungsmittel zur Erläuterung und Beschreibung</li> <li>• Arbeits- und Anschauungsmittel</li> <li>• Darstellungsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermittlung von (Grund-) Wissen über Geoobjekte (hauptsächlich topographische Informationen)</li> <li>• Vermittlung von (spezifischen) thematischen Kenntnissen (z.B. Klimazonen, geschichtliche Ereignisse)</li> <li>• neue Kompetenzen erlangen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in der Schulbildung bzw. Ausbildung (Unterricht)</li> <li>• zum Selbststudium</li> <li>• Nutzung in der Freizeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• taktile topographische Karten</li> <li>• taktile thematische Karten</li> <li>• taktile Spiele und Lernanwendungen</li> <li>• audio-taktile Medien</li> <li>• <i>taktile Displays</i></li> <li>• <i>virtuelle taktile Displays</i></li> </ul>
<b>Kommunikationsfunktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationsaufnahme</li> <li>• Informationsverarbeitung</li> <li>• Informationsaustausch</li> <li>• Informationstransport</li> <li>• Informations- bzw. Wissensübermittlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschauungs- und Darstellungsmittel</li> <li>• Informationsmittel</li> <li>• Kommunikationsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• optimale Aufnahme, Verarbeitung, Übermittlung und Austausch von georäumlichen Inhalten</li> <li>• Kartenlesen</li> <li>• Karteninterpretation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung und Kommunikation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alle traditionellen und neuen taktilen kartographischen Medien</li> </ul>
<b>Sozialisationsfunktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• soziale Integration</li> <li>• Unabhängigkeit</li> <li>• emanzipatorische Funktion</li> <li>• Motivation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilfsmittel</li> <li>• Integrationsmittel</li> <li>• Darstellungsmittel</li> <li>• Kommunikationsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• das Medium muss den kartographischen Dispositionen der jeweiligen Zielgruppe entsprechen</li> <li>• Medium soll Nutzer ansprechen, motivieren, helfen etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation</li> <li>• Erkenntnisgewinnung</li> <li>• Orientierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alle traditionellen und neuen taktilen kartographischen Medien</li> </ul>

Tab. 4.2-1: Funktionalitäten der taktilen kartographischen Medien

Die Haupt- und Nebenfunktionen taktiler kartographischer Medien sollen in den folgenden Abschnitten (4.2.1 – 4.2.4) im Einzelnen untersucht werden.

## 4.2.1 Die Kommunikationsfunktion

Die wohl wichtigste bzw. grundsätzliche Aufgabe der Kartographie besteht in der bestmöglichen Übermittlung georäumlicher Informationen mittels kartographischer Medien. Daher stellt die kartographische Kommunikationsfunktion<sup>4</sup> eine der grundlegendsten Funktionen taktiler kartographischer Medien dar.

Bei der **kartographischen Kommunikation** ist die Karte das Medium zur Übermittlung von georäumlichen Informationen vom Kartenhersteller (dem Sender) zum Kartennutzer (dem Empfänger). Dabei fungiert die Legende, deren Intaktheit für eine unmissverständliche und ungestörte Informationsübermittlung unerlässlich ist, als der gemeinsame Zeichenvorrat beider Kommunikationspartner. Eine entscheidende Grundlage für die kartographische Kommunikation bildet zudem die Sprachkommunikation, da sich ohne die (natürliche) Sprache keine Begriffe bilden lassen, die wiederum die Grundlage für den Einsatz der kartographischen Darstellungsmittel bilden (OGRISSEK 1974 b).

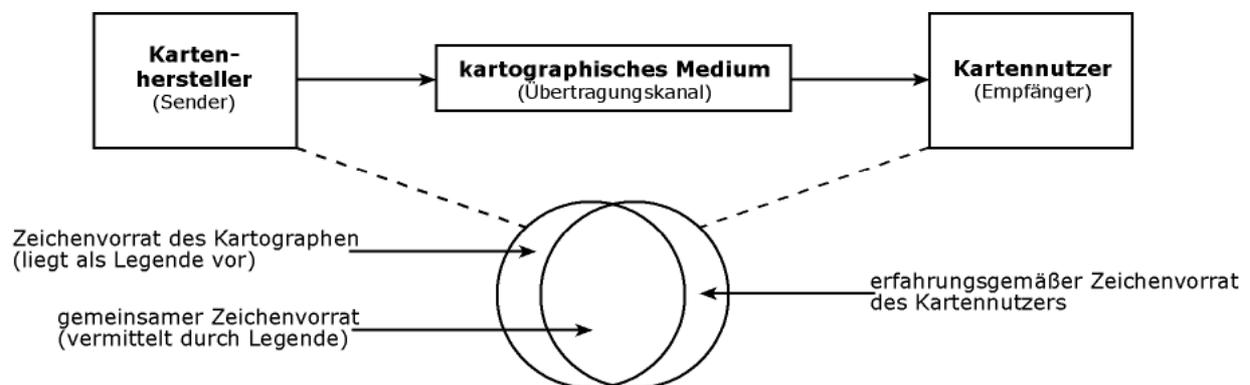


Abb. 4.2.1-1: Das vereinfachte Sender-Kanal-Empfänger-Modell der kartographischen Kommunikation, die kartographische Kommunikationskette nach UÇAR (1979)

Nach SCHAFF (1969) lässt sich der **kartographische Kommunikationsprozess** zu den intellektuellen Kommunikationsakten zählen, da es bei kartographischen Medien „nicht um die Übermittlung von Emotionen oder Überzeugungen geht, sondern um die Übermittlung von Informationen über objektive Gegebenheiten der Umwelt“ (UÇAR 1979, S. 20). Diese Aussage trifft für den Bereich der taktilen kartographischen Medien im Gegensatz zu den visuellen kartographischen Medien uneingeschränkt zu<sup>5</sup>. Anders als in der visuellen Kartographie stellt sich in der taktilen Kartographie nicht die Frage, ob der sehbehinderte Kartennutzer als Empfänger den übermittelten Informationen kritisch oder unkritisch gegenüber steht, da das taktil kartographische Medium für den sehbehinderten Nutzer die einzige Möglichkeit bietet, um unabhängig von personeller Hilfe Informationen über den gegenwärtigen Zustand der objektiven Wirklichkeit bzw. über die Gegebenheiten der Umwelt zu erhalten. Es stellt sich also nicht die Frage, inwiefern der Nutzer dem Medium kritisch gegenübersteht, sondern vielmehr, ob er dem Medium traut oder nicht traut und ob bzw. wie er damit selbständig umgehen kann (vgl. Kap. 6.1.2).

Sehr umfassend definiert TAINZ (2002) die **kartographische Kommunikation** als „die ein- oder mehrseitigen Übertragungsprozesse bei der **Aufnahme**, der **Verarbeitung** und dem **Austausch** von raumbezogenen Informationen mittels Karten und anderen kartographischen Medien auf der Grundlage eines gemeinsamen Zeichenvorrats, den Kartenzeichen und

<sup>4</sup> Die Kommunikationsfunktion stellt die Informationsübertragung im zwischenmenschlichen Kommunikationsprozess dar. Kommunikation liegt immer dann vor, wenn Mitteilungen von einem Sender über ein Medium (Übertragungskanal) an einen Empfänger übermittelt werden und vollzieht sich grundsätzlich mit Hilfe von informationstragenden Zeichen. Die Grundvoraussetzung zur Kommunikation bildet der gemeinsame Anteil an einem Zeichenvorrat von Sender und Empfänger, ohne den keine Verständigung möglich ist. Der Übertragungskanal stellt dabei die Verbindung zwischen Sender und Empfänger her und ermöglicht den Transport von Mitteilungen mit Hilfe seiner informationstragenden Zeichen.

<sup>5</sup> UÇAR (1979) stellt fest, dass laut der Aussage von SCHAFF (1969) der Kartennutzer als Empfänger bei der kartographischen Kommunikation den übermittelten Informationen immer unkritisch gegenüberstehen würde, ohne zu beachten, dass die Auswahl und Darstellung der Informationen auch die Möglichkeit der Manipulation bietet.

der Sprache“, wobei zu den vorwiegenden Zielen die „georäumliche Erkenntnisgewinnung bzw. -erweiterung, die raum- bzw. umweltbezogene Bewusstseinsbildung sowie die Steuerung von Verhalten und Handeln im Raum“ gehören (LdKG, Stichwort: kartographische Kommunikation, Bd. 2, S. 27).

Die Kommunikationsfunktion wird von allen traditionellen und neuen taktilen kartographischen Medien erfüllt. Taktile kartographische Medien fungieren während des taktilen kartographischen Kommunikationsprozesses als Anschauungs-, Darstellungs-, Informations- und nicht zuletzt als Kommunikationsmittel, um die optimale Aufnahme, Verarbeitung, Übermittlung und den Austausch von georäumlichen Inhalten zu gewährleisten.

In der Vergangenheit wurden bereits zahlreiche **kartographische Kommunikationsmodelle** aufgestellt, wie z.B. das Dreiecksmodell des Prozesses der Kommunikation kartographischer Informationen von KOLÁČNY (1970), das als eine Art Basismodell angesehen werden kann und (nur) die einseitig ausgerichtete Simplexkommunikation beschreibt; das kartographische Kommunikationsnetz von HAKE (1973); die kartographische Kommunikationskette von UÇAR (1979), die das vereinfachte Sender-Kanal-Empfänger-Modell der kartographischen Kommunikation verdeutlicht; die kartographische Kommunikationskette von OGRISSEK (1974 a) mit ihren determinierenden Faktoren; das kartographische Kommunikationsmodell von PRELL (1983), das auf die theoretischen Untersuchungsergebnisse zum Informationsverlust und Informationsgewinn durch die kartographische Kommunikation von RATAJSKI (1977)<sup>6</sup> zurückgreift und diesen Ansatz mit eigenen Erweiterungen und Abweichungen in sein Modell integriert; den Prozess der kartographischen Informationsübertragung von BOLLMANN (1996 a)<sup>7</sup>, der sowohl vom traditionellen Dreiecksmodell als auch von den zahlreichen graphisch in ein rechteckig oder quadratisch umstrukturiertes Modell des kartographischen Kommunikationsprozesses abweicht und sich für eine einfache lineare Ablaufdarstellung der drei Phasen gedanklicher Transformationen entscheidet; die Aufstellung des Informationsflusses in der sowohl monologischen als auch dialogischen Kommunikation von FREITAG (2000, 2004), der die traditionelle Dreiecksdarstellung als Grundlage für seine graphischen Modelle nutzt oder aber der erste Ansatz zur Ableitung bzw. Übertragung des Kommunikationsprozesses der visuellen Kartographie in den taktilen kartographischen Kommunikationsprozess von VASCONCELLOS (1993), der jedoch nur sehr elementar und grob skizziert ist.

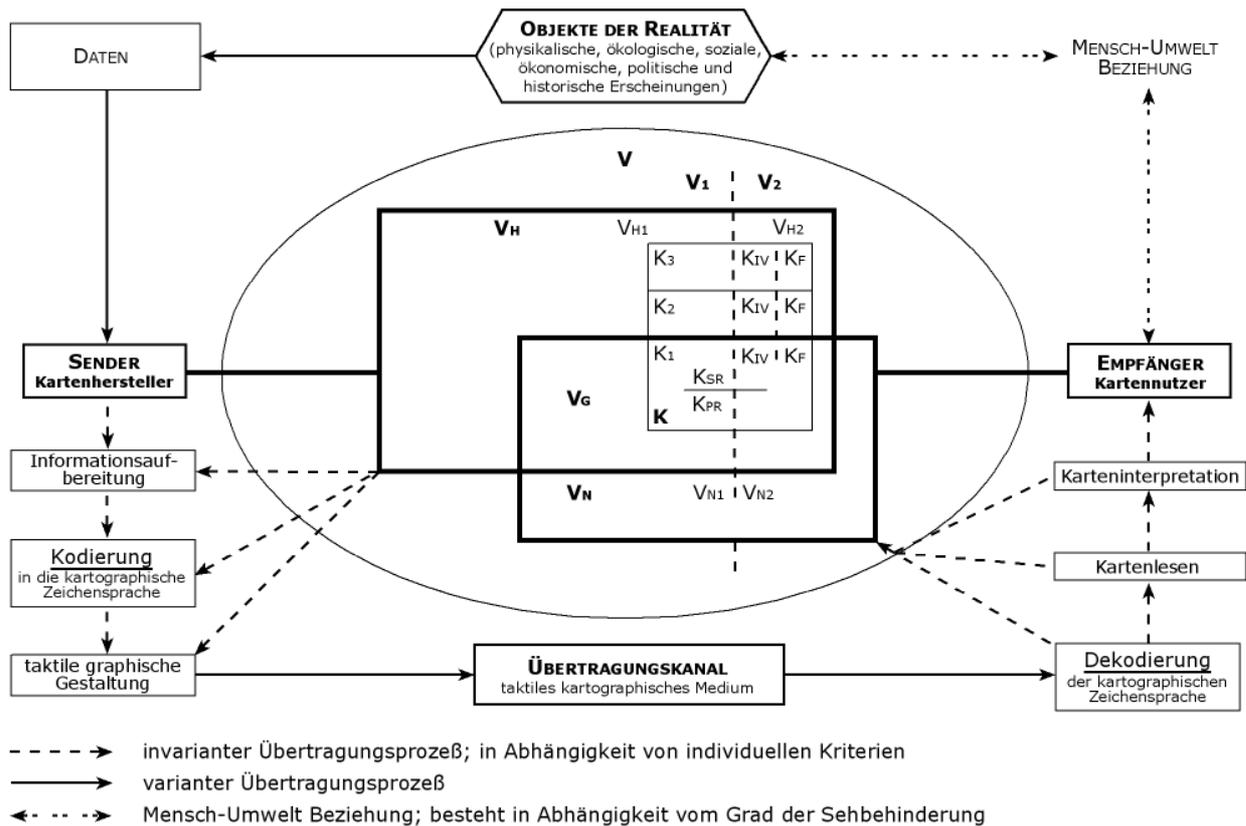
Im Folgenden soll ein Kommunikationsmodell für den taktilen kartographischen Kommunikationsprozess, als ein System von Elementen der taktilen kartographischen Informationsübertragung, das sowohl den Herstellungs- als auch den Nutzungsprozess in sich integriert, in Anlehnung an das kartographische Kommunikationsmodell von PRELL (1983) abgeleitet und erweitert werden (vgl. Abb. 4.2.1-2).

Zu den **Bewusstseinsinhalten** des Kartenherstellers ( $V_H$ ) zählen unter anderem der Umfang des (Fach-) Wissens des Kartographen, seine speziellen Kenntnisse und Erfahrungen in der Erschaffung taktiler kartographischer Medien und nicht zuletzt der Kenntnis über die genauen Aufgaben und Ziele des zu erstellenden Mediums sowie deren Benutzerkreis. Zum wichtigsten Bewusstseinsinhalt der Kartenbenutzer ( $V_N$ ) gehört neben dem gesamten Umfang ihres Wissens auch ihre kartographische Disposition.

---

<sup>6</sup> RATAJSKI (1977) geht davon aus, dass die Informationen, die im kartographischen Kommunikationsprozess übermittelt werden, verschiedenen Einschränkungen, unterworfen sind. Zum einen übermittelt der Kartograph, in Abhängigkeit von der Zweckbestimmung des Mediums, nur einen Teil seines (Gesamt-) Wissens. Zum anderen ist zu berücksichtigen, dass die „durch eine Karte übermittelte Information nicht identisch mit der tatsächlich aufgenommenen Information“ ist, sondern „gleichzeitig dürftiger und reichhaltiger“ ausfällt (S. 226). Ein Informationsverlust kommt zustande, wenn die durch einen Sender (kartographisches Medium) kommunizierten Informationen vom Empfänger (Nutzer) nicht vollständig aufgenommen bzw. erfasst werden können. Ein Informationsgewinn ergibt sich aus dem Ergebnis der Karteninterpretation. Dabei muss aber beachtet werden, dass die Empfänger über einen eigenen (zusätzlichen) Wissensvorrat, der in der Regel von jenem abweicht, der beim Kartenlesen gewonnen wird, verfügen.

<sup>7</sup> Nach BOLLMANN (1996) ist die kartographische Informationsverarbeitung der Prozess der Kodierung und Dekodierung von kartographischen Informationen und besteht „in kommunikativer Hinsicht aus gedanklichen Transformationen (Veränderungen), mit deren Hilfe die durch Informationen abgebildete Realität in mehreren Phasen in Erkenntnisse überführt wird“, wobei sich insgesamt drei Phasen gedanklicher Transformationen voneinander unterscheiden lassen (S. 39). Die erste und zweite Phase betreffen den direkten Prozess der Informationsverarbeitung der Kartenhersteller (Sender), die dritte Phase den der Kartennutzer (Empfänger).



**V Gesamtheit möglicher raumbezogener Vorstellungen**

- V<sub>G</sub>** gemeinsame Bewusstseinsinhalte
  - V<sub>H</sub>** Bewusstseinsinhalte des Kartenherstellers
  - V<sub>H1</sub>** fehlerfreie Vorstellung des Kartenherstellers über
  - V<sub>H2</sub>** fehlerbehaftete Vorstellung des Kartenherstellers über
  - V<sub>N</sub>** Bewusstseinsinhalte des Kartennutzers
  - V<sub>N1</sub>** fehlerfreier Bereich der raumbezogenen Vorstellungen der Kartennutzer
  - V<sub>N2</sub>** fehlerbehafteter Bereich der raumbezogenen Vorstellungen der Kartennutzer
  - V<sub>1</sub>** fehlerfreier Bereich
  - V<sub>2</sub>** fehlerbehafteter Bereich
- das raumbezogene Vorstellungsvermögen und die damit verbundenen realen Aufnahme-fähigkeiten der Kartennutzer

**K die in die taktile kartographische Darstellung tatsächlich eingegangenen Bewusstseinsinhalte**

- K<sub>1</sub>** redundante Bestandteile für den Kartennutzer
- K<sub>2</sub>** direkter Informationsgewinn für den Nutzer
- K<sub>3</sub>** vom Nutzer nicht verstandene Informationen
- K<sub>PR</sub>** pragmatische Redundanz
- K<sub>SR</sub>** Semantische Redundanz
- K<sub>IV</sub>** Informationsverlust
- K<sub>F</sub>** Fehlinformationen

Abb. 4.2.1-2: Taktil-kartographisches Kommunikationsmodell, in Anlehnung an PRELL (1983)

Ein optimaler **nutzereangepasster (Karten-) Inhalt** kann nur dann erreicht werden, wenn der allgemeinen Forderung nach einer bestmöglichen Zusammenfügung von semantischen und pragmatischen Informationen nachgekommen werden kann. Auch ein taktil-kartographisches Medium soll nach PÁPAY (1973) „nur so viel und hauptsächlich nur solche Informationen enthalten, die zur Befriedigung der Bedürfnisse und Interessen der Benutzer unbedingt notwendig sind“ (S. 236). Diese Informationen werden als **pragmatische Informationen** bezeichnet. Am Beispiel der taktil-kartographischen Medien lässt sich erkennen, dass sie umso stärker beeinträchtigt werden, je kleiner und spezifischer der Nutzerkreis ist. Eine **pragmatische Redundanz (K<sub>PR</sub>)** des Karteninhaltes liegt nach UÇAR (1979) dann vor, wenn keine neuen Erkenntnisse aus einer Karte gewonnen werden können, da sich alle Informationen mit den bisherigen Kenntnissen decken und das Wissenspotential mit Hilfe dieser Karte nicht vergrößert werden kann. Des Weiteren sollen (taktile) kartographische Medien „in erster Linie solche Informationen enthalten, die den Benutzern unbekannt“ sind und damit den Wissensvorrat der Nutzer ändern (PÁPAY 1973, S. 236). Hier handelt es sich um **semantische Informationen**, die bei ihrer zweckentsprechenden Aufbereitung nicht verfälscht werden dürfen. Im Allgemeinen müssen in den sowohl visuellen als auch taktilen

kartographischen Medien alle bekannten Informationen auf ein notwendiges Minimum reduziert werden, „d.h. auf solche, die die Übertragung der unbekannt Informationen ermöglichen oder erleichtern bzw. auf solche, deren Weglassung bei den Nutzern zum Irrtum führen würde“ (PÁPAY 1973, S. 236). Diese, für den Kartennutzer **redundanten Bestandteile** an Informationen, bilden die Grundlage für den Informationsgewinn. Als **semantische Redundanz** ( $K_{SR}$ ) kann also die Gesamtheit der bekannten Informationen, die zum Informationszugewinn unbedingt notwendig sind, aufgefasst werden. In taktilen kartographischen Medien würde z.B. das Weglassen von bekannten Informationen wie Staatsgrenzen, wichtigen Städten oder Hauptgewässerlinien zu Irrtümern und Orientierungsschwierigkeiten führen und so die Übertragung von neuen und unbekannt Informationen behindern. Dennoch müssen diese Darstellungsgegenstände auf ein notwendiges, zweckentsprechendes Minimum begrenzt werden, um eine ausschließliche pragmatische Redundanz weitestgehend zu verhindern und einen möglichst hohen Grad an semantischer Redundanz zu ermöglichen.

Der direkte **Informationsgewinn** ( $K_2$ ) stellt die Differenz zwischen der Gesamtmenge der in dem taktilen kartographischen Medium kodierten Informationen und der vom Kartennutzer durch Kartenlesen und Karteninterpretation neu erlangten Erkenntnisse dar und kann später beim Nutzer zielgerichtete Handlungen hervorrufen. Ein **Informationsverlust** ( $K_{IV}$ ) kommt einerseits durch die eingeschränkte Informationskapazität eines taktilen kartographischen Mediums und andererseits aufgrund der unterschiedlichen Wahrnehmungs-, Aufnahme- und Umsetzungsfähigkeit (kartographische Disposition) durch den jeweiligen Benutzer zustande (vgl. Kap. 6.1.2-A).

Der Bereich des Informationsgewinnes ( $K_2$ ) kennzeichnet zugleich die Reichweite der **fehlerfreien Vorstellung** ( $V_{H1}$ ) des Kartographen über die realen Verständnis- und Aufnahmefähigkeiten der Kartennutzer und deren raumbezogenes Vorstellungsvermögen. Analog beeinflusst die **fehlerbehaftete Vorstellung** ( $V_{H2}$ ) des Kartenherstellers über das raumbezogene Vorstellungsvermögen und die Aufnahmefähigkeiten der Kartennutzer den Umfang des Informationsverlustes ( $K_{IV}$ ) und der z.T. auftretenden bzw. zustande gekommenen Fehlinformationen ( $K_F$ ).

Der Bereich der visuellen thematischen Kartographie offeriert ein kaum zu überblickendes Themenspektrum, so dass ein Kartenredakteur nicht auf allen Fachgebieten Spezialist sein kann und somit die enge Zusammenarbeit eines Kartographen mit einem Fachspezialisten des zu bearbeitenden Fachthemas unbedingt erforderlich ist. Aufgrund des stark reduzierten Informationsgehaltes thematisch geprägter taktiler kartographischer Medien (vgl. Kap. 5.3.2.4, Kartographische Abstraktion) fällt das thematisch darzustellende Themenspektrum bei weitem nicht so umfangreich aus, wie in der visuellen Kartographie, so dass für die taktil kartographische Informationsverarbeitung kein vergleichbares spezielles Fachwissen notwendig ist, wenngleich ein entsprechendes Mindestmaß an soliden Kenntnissen über das zu bearbeitende Thema vom Kartographen unbedingt vorausgesetzt wird. Anstelle der Zusammenarbeit mit einem themenspezifischen Fachmann muss an dieser Stelle eine intensivere Zusammenarbeit von Kartographen und speziell ausgebildeten Experten, wie z.B. Pädagogen an Blindenschulen, gefordert werden.

### 4.2.2 Die Erkenntnisfunktion

Die **Erkenntnisfunktion** umfasst die Informationsgewinnung, die Erkenntniserweiterung und die damit verbundene Bewusstseinsbildung und wird in der Regel von allen traditionellen taktilen Medien, also topographisch und thematisch geprägten Karten und Atlanten, taktilen Globen, audio-taktilen Medien sowie anderen taktilen Spielen und Lernanwendungen erfüllt. Ein Hauptziel ist das Erlangen von **Bildung** (Wissensgenerierung und Erkenntniserweiterung).

Laut PÁPAY (1973) handelt es sich beim Informationsgewinnungsprozess zugleich um einen Informationsverarbeitungsprozess. Auch nach OGRISSEK (1982) setzt der „Vollzug bestimmter Erkenntnisprozesse die Erfüllung der kartographischen Kommunikation“ voraus (S. 127). Der Informationsgewinnungs- und Kommunikationsvorgang stehen demnach in einem sehr engen Wechselverhältnis zueinander (vgl. Abb. 4.2-1 und 4.2-2). Wer sich zum Zweck der Erkenntniserweiterung informiert, ist gleichzeitig an einem Kommunikationsprozess beteiligt (SPERLING 1982).

Während des **Erkenntnisprozesses** fungieren taktile kartographische Medien als Informations- und Erkenntnismittel, als Lehr- und Bildungsmittel zur Erläuterung und Beschreibung von ausgesuchten Sachverhalten, als Arbeits- und Anschauungsmittel oder als Darstellungsmittel. Die Aufgaben und Ziele des Erkenntnisprozesses liegen dabei vor allem in der Vermittlung von (Grund-) Wissen über Geoobjekte (hauptsächlich topographische Informationen) und ausgewählten einfachen thematischen Sachverhalten (z.B. über Klimazonen, Bodenschätze, Bevölkerungsdichten, geschichtliche Ereignisse), dem selbständigen Erkennen (bzw. Wiedererkennen) von georäumlichen Objekten, dem Memorieren von neuen Lerninhalten oder Inhalten über die nähere Umgebung und dienen damit der individuellen Information und Weiterbildung, um während des Unterrichtes in der Schule oder im Selbststudium zu Hause neue Kompetenzen zu erlangen.

Ein großer Anteil der bereits entwickelten taktilen kartographischen Medien, wie z.B. taktile Lehr- und Schulkarten oder einfache (Schul-) Atlanten mit topographischen und thematischen Anteilen, dienen in erster Linie der allgemeinen (Aus-) Bildung, vor allem der geographischen Grundausbildung in der Schule. Der Einsatz taktiler kartographischer Medien im Geographieunterricht soll grundlegende geographische Inhalte (topographisches und/oder thematisches (Grund-) Wissen) über eine bestimmte Region (z.B. Stadt, Land, Kontinent) vermitteln und zudem die räumliche Vorstellungskraft fördern. Mit Hilfe von taktilen Karten sollen blinde und sehgeschädigte Kinder in der Lage sein, geographische Zusammenhänge und thematische Sachverhalte zu erkennen, zu beschreiben und zu interpretieren. Bei vielen im Geographieunterricht eingesetzten taktilen Karten und Graphiken handelt es sich um spezielle, für blinde und sehbehinderte Schüler didaktisch aufbereitete Medien (Unterrichtsmaterialien), die die Qualität der Lehrveranstaltungen erheblich mitbestimmen und zudem zum Lernen motivieren sollen.

Nach SPERLING (1982) ist der **Bildungswert** einer Karte „nicht nur am Grad ihrer Genauigkeit, Vollständigkeit und Aktualität, sondern auch an ihrer Verständlichkeit für den Adressaten, ihrer harmonischen Gestaltung, ihrer kulturellen Validität und ihrer gesellschaftlichen Relevanz“ zu messen (S. 6). Des Weiteren müssen die zu übermittelnden georäumlichen Informationen differenziert und gleichzeitig auf bestimmte Zielgruppen gelenkt werden. Die **Bildung**, als das wichtigste Ziel der Erkenntnisfunktion, wird von der kartographischen **Disposition** der Nutzer (vgl. Kap. 6.1.2-A) mit beeinflusst.

Neben der Repräsentation eines schon erreichten Wissensstandes soll ein kartographisches Medium auch die **Suche nach neuem Wissen** bzw. neuen Informationen, die Rückschlüsse auf die modellierte Wirklichkeit zulassen, bezwecken. Zur Gewinnung von neuen Informationen können in der visuellen Kartographie nach PÁPAY (1973) die folgenden drei Methoden angewendet werden: die Analyse der kartographischen Darstellungsformen (z.B. visuelle Analyse, kartometrische Verfahren, Verfahren der mathematischen Statistik), die Modifizierung von vorhandenen kartographischen Darstellungsformen sowie die Herstellung von Modellen, bei denen es sich nicht um kartographische Darstellungsformen handelt, aber an-

hand von kartographischen Darstellungsformen erstellt werden (z.B. räumlich mathematische Modelle).

Dem taktilen kartographischen Medium können lediglich einfache Informationen über die modellierte Wirklichkeit direkt entnommen werden. Abgesehen von diesen einfachen taktilen (und z.T. visuellen) Analyseverfahren können die anderen oben aufgezählten Methoden in der taktilen Kartographie nicht zur Informationsgewinnung angewendet werden. Für weitere Ableitungen von neuen Informationen, die zum einen über die bereits bekannten Informationen hinausgehen und zum anderen auch Rückschlüsse auf die modellierte Wirklichkeit zulassen könnten, sind sie zu stark begrifflich und graphisch abstrahiert und damit viel zu ungenau und zu unvollständig ausgelegt. Das heißt, aus taktilen kartographischen Medien lassen sich im Gegensatz zu den Visuellen auch keine Schlussfolgerungen aufgrund der bisherigen Entwicklungen für künftige Entwicklungen ziehen (Prognoseinformationen). Gleichermaßen können sie nicht als Forschungsmittel fungieren.

#### 4.2.3 Die Orientierungsfunktion

Die **Orientierungsfunktion** ist die Entscheidungsverhalten erzeugende **Verhaltenslenkungsfunktion taktiler kartographischer Medien**. In der taktilen Kartographie stellt die Orientierungsfunktion die Hauptfunktion von traditionellen Mobilitäts- Orientierungs- und Stadtplänen sowie von neuen Medienanwendungen, wie elektronischen Reisehilfen (z.B. Atlas Speaks & Atlas Strider, MoBIC MoTA), GPS-gestützten Navigationssystemen (z.B. Elektronischer Blindenhund, Weg&Ziel) oder Navigationshilfen ohne GPS-Einsatz (z.B. Hand Guide™, Echoortung mit elektronischen Tönen) dar, die zielgerichtete Handlungen hervorrufen und so das eigenständige Abgehen von selbst gewählten und selbst festgelegten Routen oder das Aufsuchen von bestimmten Wegen und Zielobjekten (z.B. Adressen) ermöglichen und damit den Nutzern das örtliche und häusliche Sichzurechtfinden erleichtern.

Eine bedeutende Funktionalität dieser Hauptfunktion liegt in der Erweiterung des selbständigen Orientierungsvermögens und damit in der **Erhöhung der Mobilität** Blinder und Sehbehinderter, um sich in einer bekannten und/oder unbekanntem Umgebung (z.B. Gebäude, Stadtteil) eigenständig und unabhängig zurechtfinden und fortbewegen zu können. Zur selbständigen Orientierung benötigen die Kartennutzer spezifische Informationen über die Umwelt, welche die Gegebenheiten der Umwelt durch die Identifizierung von bestimmten Umweltobjekten wiedererkennbar machen. Diese Informationen müssen entsprechend bestimmter Wahrnehmungs- und Handlungsziele strukturiert sein. Daher sollten bei der Kartengestaltung die individuellen Erfahrungen der Nutzergruppen in ihrer Umgebung mit in Betracht gezogen werden, d.h. bestimmte Objekte bzw. Punkte, die für die Nutzer in ihrem Umfeld wichtig sind und der Orientierung dienen, sollten/müssen unbedingt auf dem Kartenblatt enthalten sein und so das Design der Karte gezielt mit beeinflussen. Bei der Orientierung dient die Karte als Hilfsmittel zur Verhaltenslenkung und damit als wichtige Unterstützung beim Treffen von Entscheidungen<sup>8</sup>. Die aus dem Medium neu gewonnenen Informationen und Erkenntnisse über die georäumliche Wirklichkeit müssen zum Zweck der Orientierung zielgerichtet eingeordnet und in entsprechende Handlungen, wie z.B. das Einschlagen eines bestimmten Weges oder das Umgehen von Treppen und anderen Hindernissen, umgesetzt werden.

Die Orientierungsfunktion kann von einem taktilen kartographischen Medium also nur dann erfüllt werden, wenn das Verhalten der Benutzer durch ihre Benutzung modifiziert wird. Dabei spielen die Benutzer in der taktilen Kartographie stets eine aktive Rolle, da die taktilen kartographischen Medien von ihren Nutzern immer zielgerichtet zur Zufriedenstellung der Bedürfnisse, in diesem Fall ausschließlich das Bedürfnis der Orientierung, benutzt werden. Im Gegensatz zur visuellen Kartographie spielen die sehbehinderten Nutzer (im Sinne

---

<sup>8</sup> Die Entscheidungsunterstützung ist die Voraussetzung zur Verhaltenslenkung, da mit ihr eine individuelle Beeinflussung der Mediennutzer und damit eine Verhaltenslenkung erst stattfinden kann.

von PÁPAY 1973<sup>9</sup>) generell keine passive Rolle, da durch die Nutzung taktiler kartographischer Medien weder neue Bedürfnisse entstehen noch schon vorhandene aber wenig ausgeprägte Anliegen gesteigert werden können, weil taktile kartographische Medien über keinerlei Werbe- und Propagandafunktionen verfügen.

Eine weitere wichtige Funktionalität taktiler kartographischer Medien stellt die **georäumliche Bewusstseinsbildung** dar, die gleichzeitig eine wichtige Voraussetzung der Mobilität ist. Zur eigenständigen Orientierung und Fortbewegung im Raum können (taktile) kartographische Medien erst dann zweckentsprechend benutzt werden, wenn sie mit dem Gelände koordiniert wurden. Ohne das raum- bzw. umweltbezogene Bewusstsein ist jedoch die Koordination des Mediums mit dem Gelände unmöglich und damit keine selbständige Orientierung und die daraus resultierende Steigerung der eigenen Mobilität erreichbar.

BUCHROITHNER (2007) vermerkt, dass sich der von sehenden Menschen subjektiv wahrgenommene Raum deutlich vom Raum im Sinne der euklidischen Geometrie unterscheidet und bezieht sich dabei u.a. auf die bekannten Feststellungen des deutschen Psychologen KURT LEWIN, welcher in seinen Kriegserinnerungen beschreibt, dass der von ihm subjektiv empfundene Abstand von zwei Raumpunkten oftmals nicht mit dem durch die klassische Geometrie beschriebenen Abständen übereinstimmte.

Empirische Untersuchungen zur Erfassung der von Blinden und Sehbehinderten (Geburtsblinde, Späterblindete) subjektiv wahrgenommenen Abständen und/oder des von ihnen subjektiv wahrgenommenen Raumes in Gegenüberstellung zu den tatsächlichen Abständen bzw. des tatsächlichen Raumempfindens im Sinne der euklidischen Geometrie fanden bisher noch nicht statt, empfehlen sich aber, da derartige Erkenntnisse und Informationen über die georäumliche Bewusstseinsbildung, die Umweltwahrnehmung und nicht zuletzt das interne Abbild der dargestellten Wirklichkeit Sehgeschädigter zur optimierten und funktionsgerechten Kartengestaltung effektiv genutzt und verarbeitet werden könnten.

#### 4.2.4 Die Sozialisationsfunktion

Da alle taktilen kartographischen Medien Kommunikationsprozesse in Gang setzten, Informationen vermitteln, das Verhalten im Raum steuern und so raumwirksame Entscheidungen bei den Informationsempfängern oder Kommunikationsteilnehmern vorbereiten, entsteht ein **Sozialisationsprozess**<sup>10</sup>, der jedes einzelne Individuum nachhaltig prägt (SPERLING 1982). Das heißt, die Funktionen taktiler kartographischer Medien beschränken sich nicht nur auf die rein sachliche Darlegung von georäumlichen Erscheinungen, Sachverhalten und Zusammenhängen, sondern tragen zur Sozialisation ihrer Nutzer bei. Sozialisationsfunktionen, als Nebenfunktionen taktiler kartographischer Medien, werden von allen taktilen kartographischen Medien, die z.B. als Hilfs-, Informations-, Integrations-, Orientierungs-, Darstellungs- oder Kommunikationsmittel dienen sollen, erfüllt und können daher als invariant betrachtet werden. Alle Sozialisationsfunktionen nehmen einen mehr oder weniger starken Einfluss auf die Prozesse der Kommunikation, Erkenntnisgewinnung und Orientierung.

Taktile kartographische Medien dienen blinden und sehbehinderten Menschen als eine Art **Integrations- und Lebenshilfe** und werden von ihren Benutzern als ein Instrument zur Kommunikation, Erkenntnisgewinnung und Orientierung genutzt. Somit fungieren sie als ein Mittel der sozialen Integration in Schule, Beruf und Freizeit.

Des Weiteren wird mit Hilfe der taktilen kartographischen Medien eine weitestgehende Unabhängigkeit von sehenden Helfern geschaffen, die wiederum zur sozialen Integration in den Alltag und der damit verbundenen Individualisierung beiträgt. Dieser Aspekt der persönlichen Unabhängigkeit und Integration soll als **emanzipatorische Funktion** bezeichnet werden.

---

<sup>9</sup> Die Nutzer spielen eine passive Rolle, wenn durch die Benutzung kartographischer Darstellungsformen neue Bedürfnisse entstehen oder bereits vorhandene, wenig ausgeprägte Bedürfnisse gesteigert werden. Hier fungiert die kartographische Darstellungsfunktion als steuerndes System für den Benutzer (PÁPAY 1973, S. 237).

<sup>10</sup> Einordnungsprozess in die Gesellschaft und ihre sozialen Bedingungen, Normen- und Werteübernahme.

Taktile kartographische Medien können durchaus der allgemeinen Erfüllung und Sättigung von Informationsbedürfnissen dienen. Die Befriedigung des Informationsbedarfes kann nach SPERLING (1982) auch als ein Teil des Sozialisationsprozesses aufgefasst werden.

Zusätzliches Ziel eines jeden taktilen kartographischen Mediums sollte es daher sein, die Benutzer anzuregen, um ihr Interesse und ihre Neugier zu wecken. Die **Motivationsfunktion** stellt damit eine bedeutende Sozialisationsfunktion dar, deren Hauptaufgabe darin besteht, die Aufmerksamkeit sowie die Bereitschaft der Nutzer, sich mit den zu vermittelnden Inhalten über einen bestimmten (z.T. auch längeren) Zeitraum auseinander zusetzen, zu erhöhen. Didaktisch aufbereitete taktile kartographische Medien, die zum Lernen motivieren sollen, sind vor allem zur geographischen Grundausbildung in der Schule einzusetzen, da sich besonders diese Nutzergruppen nicht aus bloßem Eigeninteresse mit topographischen oder thematischen Sachverhalten befassen.

Die Nutzung taktiler kartographischer Medien kann auch **subjektive Gefühle** (Emotionen), wie z.B. das Empfinden von Zuneigung oder Abneigung gegenüber dem Medium, der Zufriedenheit oder Unzufriedenheit mit der Medienanwendung, Selbstsicherheit, Unsicherheit oder aber Verzweiflung im Umgang mit dem Medium, zulassen. Diese Emotionen werden u.a. von Faktoren, wie z.B. dem Erfahrungsstand, den Vorkenntnissen, der Aufmerksamkeit oder der Motivation sowie von weiteren individuellen Besonderheiten der Kartennutzer hervorgerufen. Hier spiegelt sich eine direkte Korrelation mit der kartographischen Disposition der Nutzer wider (vgl. Kap. 6.1.2-A, Abb. 6.1.2-3).

Im Gegensatz zu den visuellen kartographischen Medien können taktile kartographische Medien keine professionellen Funktionen erfüllen oder als so genannte "Werkzeuge der sozialen Macht" fungieren, um beispielsweise Kontrollfunktionen auszuüben. Auch verfügen sie i.d.R. über keinerlei kulturellen Funktionen im Sinne von Karten als Kunst- oder Prestigeobjekte für Sammler. Eine eventuelle Ausnahme könnten u.U. fortschrittliche und zugleich bedeutende Navigations-, Bildungs- und Unterrichtsmittel (wie z.B. Weg&Ziel, AudioTouch) oder hervorragende zentrale Anschauungsmittel (wie z.B. der taktile Stadtplan von Graz) bilden, die in dem Sinne als wertvolle Kulturgüter angesehen werden können, als das sie einem Land oder einer bestimmten Institution für ihre Bemühungen in der taktilen Kartographie in der gesamten (Fach-) Welt einen hervorragenden Platz einräumen.

## 5 Die Struktur taktiler kartographischer Medien und ihre Merkmale

In diesem Kapitel soll neben der Aufstellung eines allgemeinen Strukturmodells für alle taktilen kartographischen Medien die Durchführung einer genauen Strukturanalyse, innerhalb derer alle Strukturelemente der sowohl traditionellen als auch neuen taktilen kartographischen Medienelemente aus semiotischer Sicht behandelt werden, erfolgen. Zuvor wird jedoch der allgemeine Begriff Struktur sowie der Strukturbegriff in der Kartographie, der sehr vielseitig aber bei weitem nicht homogen verwendet wird, untersucht.

### 5.1 Allgemeiner Strukturbegriff und der Strukturbegriff in der Kartographie

Der seit der Mitte des 16. Jh. kontinuierlich nachgewiesene **Begriff Struktur**, der bereits im Mittelhochdeutschen vereinzelt auftauchte, ist eine Entlehnung aus dem lateinischen [*structura*] und bedeutet ordentliche Zusammenfügung, Ordnung, Schichtung, Gefüge; wobei *structura* vom Partizip des Verbs *struere* (schichten, aufbauen, ordnen) abgeleitet ist.

Über einen langen Zeitraum war der Strukturbegriff nur auf konkrete materielle Gegenstände im Bereich der Architektur (z.B. Konstruktion, Bauweise), der Anatomie (z.B. anatomischer physikalischer Aufbau des menschlichen Körpers), der Geologie (z.B. Schichtung) oder in der Textilwirtschaft als eine "Webeart mit erhabenem Muster" bezogen.

Gleichermaßen wurde der Strukturbegriff sehr frühzeitig auf das Gebiet der Gesellschaft und der Sprache übertragen.

Seit dem frühen 18. Jahrhundert ist der Begriff Struktur auch auf Abstrakta bezogen und bedeutet ein aus wechselseitig voneinander abhängigen Teilen bestehendes Gefüge oder Sinngefüge. Im DUDEN (1995) wird der Strukturbegriff zum einen als die Anordnung der Teile eines Ganzen zueinander bzw. als gegliederter Aufbau oder innere Gliederung und zum anderen als Gefüge, das aus Teilen besteht, die wechselseitig voneinander abhängen oder als ein in sich strukturiertes Ganzes, beschrieben. Der Begriff Struktur weist im gegenwärtigen Sprachgebrauch verschiedene Bedeutungen auf und ist heute für die verschiedensten Natur-, Technik-, Sprach-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaften grundlegend.

Sollen in der **Kartographie** die Merkmale von bestimmten Sachverhalten, Erscheinungen, Objekten oder Prozessen der objektiven Realität, ein konkretes kartographisches Medium, seine graphischen Eigenschaften oder aber der Aufbau der Kartographie an sich systematisiert beschrieben werden, bleibt eine zwangsläufige Konfrontation mit dem Begriff der Struktur und seiner Vielfältigkeit nicht aus. Der Begriff Struktur, der je nach Betrachtungsweise eine bestimmte Menge von Elementen (eines Systems) miteinander verknüpft, ist in der Kartographie von vornherein sehr vielgestaltig ausgeprägt, da sich die Charakteristiken und Besonderheiten aller Sachverhalte, Erscheinungen oder Prozesse immer aus bestimmten Elementen, Teilen oder Gefügen (*also: Strukturen*) zusammensetzen. So wird der Strukturbegriff in der Kartographie schon von PÁPAY (1980) als „eine Gesamtheit von Sachverhalten (die Menge der Eigenschaften und Relationen) aufgefasst. Eine solche Auffassung hat einen rationellen Kern, denn letztlich setzt die Existenz jeglicher Eigenschaft des Vorhandenseins irgendeiner Relationen voraus, deren Gesamtheit die Struktur bildet“ (PGM 1/80, S. 88). Auch nach BENEDICT (1985) handelt es sich beim Strukturbegriff innerhalb der Kartographie in erster Linie um einen Begriff, „der die wesentliche Eigenschaft aller Gegenstände, Systeme und Prozesse der objektiven Realität wie auch aller Formen der Widerspiegelung bedeutet“ und aus Elementen oder Teilen aufgebaut ist, die in relativ beständigen Relationen zueinander stehen und auf diese Weise eine innere Ordnung bilden (PGM 2/85, S.148). Oftmals verfolgt der Vergleich oder die Untersuchung von unterschiedlichen Struktureigenschaften auch das Ziel, Aussagen über die Funktionen, die dem jeweiligen System zugrunde liegen, zu gewinnen. Zudem besteht zwischen Struktur und Funktion immer eine "dialektische Wechselwirkung", d.h. die Struktur eines Systems bestimmt seine Funktion und umgekehrt bildet sich eine bestimmte Struktur unter dem Einfluss einer Funktion (vgl. Kap. 6).

Heute liegen diverse Untersuchungen zur allgemeinen Struktur in der Kartographie<sup>1</sup> und zur Struktur der kartographischen Medien vor, wenngleich eine allgemeine Strukturtheorie der Karten bzw. kartographischen Medien bisher zumeist nur ansatzweise formuliert worden ist.

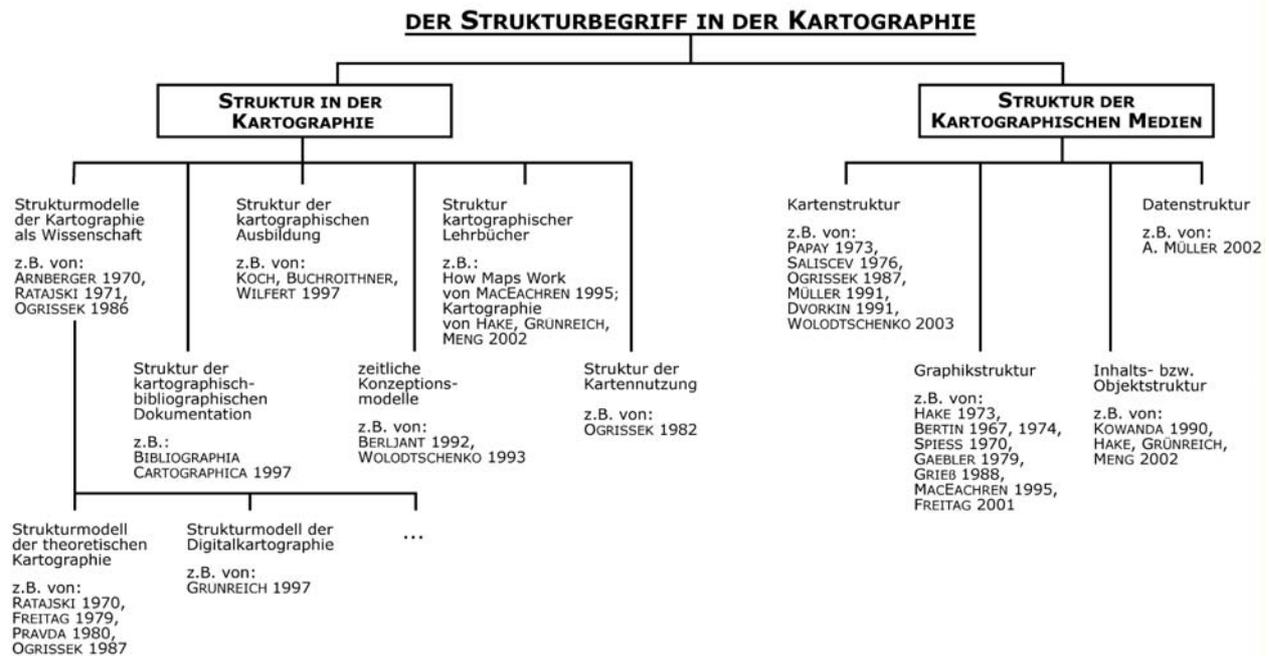


Abb. 5.1-1: Der Strukturbegriff in der Kartographie: Bereiche, Strukturmodelle, Autoren

Im Vergleich zu den recht zahlreichen Ausführungen zur Struktur in der Kartographie widmeten sich verhältnismäßig wenige wissenschaftliche Beiträge den eigentlichen Struktureigenschaften der "(End-) Produkte" der Kartographie, den kartographischen Medien selbst, die in erster Linie nach ihrer **Karten- bzw. Medienstruktur**, der **Inhalts- bzw. Objektstruktur**, ihrer **Graphikstruktur** oder im Bereich der Geoinformatik nach ihrer **Datenstruktur**<sup>2</sup> elementar und systematisiert beschrieben werden können (vgl. Abb. 5.1-1).

**Kartenstrukturen** wurden in der Vergangenheit u.a. von SALIŠČEV (1976), der die Strukturkomponenten einer allgemein- geographischen Karte aus Sicht der traditionellen Kartenkonstruktion und Kartenredaktion in vier allgemeinen Hauptkonstruktionsblöcken anordnete (vgl. Abb. 5.1-2), von OGRISSEK (1987), der ähnlich wie SALIŠČEV die Strukturkomponenten einer thematischen Karte in vier nicht hierarchisch gegliederte Haupt- und zwei weitere zusätzlich ergänzte selbständige Blöcke zusammenstellte<sup>3</sup> oder von M. MÜLLER (1991), die aufbauend auf SALIŠČEV weiterführende Betrachtungen zur komplexen Struktur topographischer Karten aufstellte<sup>4</sup>, in Form von graphischen Strukturmodellen beschrieben.

Nach einer nicht traditionellen Herangehensweise von WOLODTSCHENKO (2003) können Strukturmodelle von Karten nach gestalterischen, informations-theoretischen, kybernetischen, semiotischen und anderen Gesichtspunkten unterschieden werden, wobei die kartosemiotischen

<sup>1</sup> Neben der Darstellung der Kartographie als Wissenschaft, die vor allem die unterschiedlichen Herangehensweisen von Autoren zur Definition von Aufgaben und Inhalten der Kartographie oder dem Aufbau ihrer einzelnen Spezial- bzw. Fachgebiete in Form von Strukturmodellen verdeutlichen, lassen sich u.a. auch Strukturmodelle zum Aufbau der kartographischen Lehrbücher, der kartographisch-bibliographischen Dokumentation und der kartographischen Ausbildung sowie zeitliche Konzeptionsmodelle der Kartographie aufstellen.

<sup>2</sup> Bei der Datenverarbeitung können Eingabe- und Ausgabedaten voneinander unterschieden werden. Sie werden in gespeicherter Form in einer für die Verarbeitung geeigneten Datenstruktur organisiert. Alle Datenstrukturen beschreiben den physikalischen Aufbau von Daten entsprechend eines zugrundeliegenden logischen Datenmodells.

<sup>3</sup> Die vier nicht hierarchisch gegliederten Hauptkonstruktionsblöcke bestehen aus den Komponenten Kartengegenstand (thematischer Inhalt), Kartentitel, Zeichenerklärung und zusätzlichen Angaben, zu den von OGRISSEK (1987) ergänzten selbständigen Blöcken zählen die Maßstabsangaben (Maßstabszahl, Maßstabsleiste) und die geographischen Grundlagen (Topographie, Gradnetz).

<sup>4</sup> Für M. MÜLLER (1991) wird die Struktur topographischer Karten von den fünf Grundelementen Kartengegenstände, Zeichenerklärung, mathematisch-geodätische Grundlagen, kartenblattbezogene Orientierungsangaben und weiteren Zusatzelementen bestimmt. Anders als SALIŠČEV (1976) stuft sie die zahlreichen kartenblattbezogenen Orientierungsangaben, die eine schnelle und zuverlässige Kartennutzung gewährleisten sollen, und die Zeichenerklärung als wesentliche Strukturelemente mit ein.

schen Aspekte bei der Untersuchung von Strukturmodellen analoger und digitaler kartographischer Medien bei ihm einen der wichtigsten Plätze einnehmen.

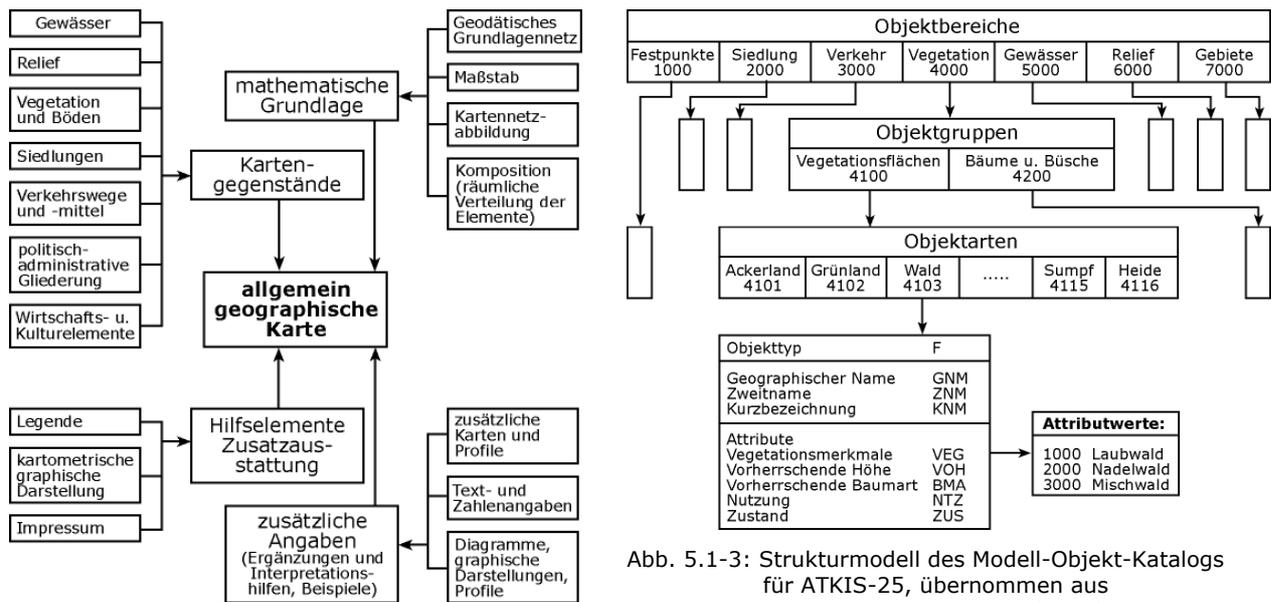


Abb. 5.1-2: Strukturmodell der allgemein-geographischen Karte nach SALIŠČEV (1976),  
übernommen aus OGRISSEK (1987), S. 84

Abb. 5.1-3: Strukturmodell des Modell-Objekt-Katalogs  
für ATKIS-25, übernommen aus  
HAKE, GRÜNREICH & MENG (2002), S. 294

Die inhaltliche Strukturkomponente eines kartographischen Mediums verdeutlicht immer die Merkmale der dargestellten Objekte und setzt sie zueinander in Beziehung. Die **Inhalts- bzw. Objektstrukturen** kartographischer Medien können hierarchisch gegliedert werden. So stellt KOWANDA (1990) eine hierarchische Gliederung topographischer Karten auf, die die inhaltliche Seite der Relationen veranschaulicht. „Der Inhalt topographischer Karten besteht einerseits aus den enthaltenen Objekten, andererseits aus den inhaltlich-hierarchischen und geometrischen Relationen zwischen diesen Objekten. Beide Seiten repräsentieren in ihrer Gesamtheit die Strukturen des Karteninhaltes“ (KOWANDA 1990, S. 32). Diese Strukturveranschaulichung ist für die Funktionalität des Kartenwerkes, welche die weitere sowohl inhaltliche als auch geometrische Weiterbearbeitung beeinflusst und mitbestimmt, von großer Bedeutung. Das betrifft vor allem den Prozess der geometrischen und semantischen Generalisierung (vgl. Kap. 5.3.2.5). Auch HAKE, GRÜNREICH & MENG (2002) beschreiben die Inhalts- bzw. Objektstruktur des ATKIS-Objektartenkatalogs, der durch die Klassifizierung der Umwelt nach fachspezifischen Gesichtspunkten entsteht und „die Voraussetzung für eine erscheinungsorientierte, anwendungsunabhängige semantische Modellierung der Umwelt“ bildet (S. 133). Diese (semantische) Strukturierung digitaler Daten zeigt fünf hierarchische Ebenen einer topographischen Karte an (vgl. Abb. 5.1-3).

Kartographische Strukturen setzen generell eine logische inhaltliche Strukturierung voraus. Inhaltliche Strukturen und äußere Erscheinungsformen kartographischer Darstellungen können nicht voneinander getrennt werden, da sie immer eine Einheit bilden und sich einander bedingen. „Der inhaltliche Aufbau, die differenzierten semantischen und syntaktischen Beziehungen zwischen den Inhaltskomplexen des Gesamtwerkes einerseits und der Einzeldarstellung andererseits werden durch die kartographische Strukturierung sichtbar gemacht“ (GAEBLER 1979, PGM 2/79, S. 130).

BERTIN (1967)<sup>5</sup> setzte sich intensiv mit den **Graphikstrukturen** kartographischer Medien auseinander und entwickelte im Rahmen der allgemeinen Graphiklehre (graphische Semiotik) ein fundamentales System von sechs visuellen graphischen Variablen für einen so genannten "gestaltlosen Fleck", mit dem ein graphisches punkt-, linien- oder flächenhaftes Zeichen nach seiner Größe, Form und Richtung und nach seinem Tonwert, seiner Farbe und seinem Muster graphisch gestaltet und variiert werden kann. Gleichzeitig stellte er Regeln zur Anwendung und Kombination der Variablen auf (vgl. Kap. 5.3.2.1.2). Ebenso entwickel-

<sup>5</sup> JENSCH, SCHADE und SCHARFE lieferten die deutschsprachige Übersetzung der „Graphischen Semiotik“ von BERTIN, die 1974 erschien.

ten ARNBERGER (1970, 1987), JENSCH (1970) und RATAJSKI (1973) ähnliche graphische Systeme, die sich jedoch auf das von BERTIN zurückführen lassen. Auch MACÉACHREN (1995) u.a. haben das BERTINSche System zu erweitern versucht (vgl. KOCH 2000).

Die Graphikstrukturen der taktilen kartographischen Medien und deren Eigenschaften werden in Kapitel 5.3.2.1 unter kartosemiotischen Aspekten ausführlich untersucht.

Nach der Definition von BOLLMANN (2002) kann der Strukturbegriff in der Kartographie im Zusammenhang mit der Kennzeichnung von **graphischen Zuständen** nur im Sinne einer Unterscheidung von Strukturklassen, nicht aber im Sinne einer formallogisch eindeutigen Definition gesehen werden, da die **Graphikstrukturen** „u.a. aufgrund ihrer Anlage, Wirkung und Bedeutung nur schwer definierbar“ und dadurch nicht eindeutig in logischer, semantischer und physikalischer Hinsicht kodierbar sind. Diese Nichteinheitlichkeit in der Nutzung des Strukturbegriffes führt für den Bereich der kartographischen Objekt-Zeichen-Referenzierung der visuellen Kartographie zu grundsätzlichen Unschärfen in der Zuordnung (vgl. Kap. 5.3.2.1) (LdKG, Stichwort: Struktur, Bd. 2, S. 351).

## 5.2 Die Struktur taktiler kartographischer Medien

Die Untersuchung von Struktureigenschaften taktiler kartographischer Medien stellt einen sehr interessanten, aber bisher kaum erforschten Untersuchungsbestandteil der theoretischen Kartographie dar. Das Ziel der theoretischen Untersuchungen in diesem Kapitel besteht daher in einem ersten Ansatz zur Konzeption eines komplexen allgemeinen Strukturmodells für sowohl traditionelle als auch neue taktile kartographische Medien, das, angefangen beim Zeichenträger über die Datengrundlagen bis hin zu den graphischen Strukturkomponenten, alle Bestandteile, die zur komplexen taktilen kartographischen Medienstruktur gehören, enthält, bevor in Kapitel 5.3 alle Strukturelemente und ihre Merkmale im Einzelnen elementar untersucht werden sollen.

Zu Beginn der Untersuchungen sollen sämtliche Strukturkomponenten taktiler kartographischer Medien zusammengetragen und gegliedert werden, um ein (graphisches) Strukturmodell entwerfen zu können. Dazu muss grundsätzlich entschieden werden, wie eng bzw. wie weit der Strukturbegriff gefasst werden soll.

PÁPAY (1973) ging seinerzeit von einer relativ weiten Fassung des Strukturbegriffes aus, der hier für die weiteren Untersuchungen als Grundlage dienen soll. Nach PÁPAY (1973) gehören zur **allgemeinen Struktur** traditioneller kartographischer Medien die **Form** (bzw. das Medium selbst) als das funktionsgerecht einzusetzende kartographische Medium; die Gestaltung des Kartenbildes, d.h. die **graphische Gestaltung** der Inhaltselemente (graphische Struktur); der **Generalisierungsgrad** (kartographische Abstraktion); die **Komplexität** (Auswahl der Inhaltselemente, Kartenbelastung bzw. -dichte) und das **Verkleinerungsverhältnis** (Maßstab). Dabei sind die kartographische Abstraktion, der Grad der Struktur-analogie, die Auswahl und Gestaltung der Inhaltselemente sowie der Maßstab abhängig von der Zweckbestimmung der Karten, wobei es sich bei der Zweckbestimmung der kartographischen Medien um ihre vorgesehene bzw. geplante Funktion handelt. PÁPAY (1973) konnte hier jedoch noch keine Strukturelemente der neuen kartographischen Medienanwendungen, wie z.B. Datengrundlagen oder Abbildungs- und Repräsentationsformen, berücksichtigen. Zusätzlich sollen den fünf Strukturelementen von PÁPAY (1973) noch zwei weitere wichtige Strukturelemente, die **Kartenblattgestaltung** und **zusätzliche** nicht graphisch repräsentierbare **Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien** hinzugefügt werden.

Um ein komplexes Strukturmodell aufzustellen, sollen alle Strukturelemente der traditionellen und neuen taktilen kartographischen Medien den in Kapitel 2.2.2 eingeführten Termini der **Medienaspekte** Hardware, Software und Symbolsystem zugeordnet werden. Diese gelten fortan als die drei übergeordneten **Hautkomponenten** des neuen Strukturmodells, da sie die allgemeine Beschaffenheit eines jeden taktilen kartographischen Mediums genau charakterisieren können.

Dem **Symbolsystem**, das die umfangreichste der drei Hauptkomponenten darstellt, können bis auf die Form alle übrigen von PÁPAY (1973) aufgezählten, zur Kartenstruktur gehörenden Strukturelemente (graphische Gestaltung, Komplexität, Maßstab, kartographische Abstraktion) sowie die Kartenblattgestaltung und die zusätzlichen nicht graphisch repräsentierbaren Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien zugeordnet werden. Viele dieser Strukturkomponenten widerspiegeln innerhalb des Symbolsystems den Untersuchungsgegenstand der kartographischen Zeichentheorie bzw. der semiotischen Strukturierung taktiler kartographischer Medien mit ihren drei Betrachtungsweisen der syntaktischen, semantischen und pragmatischen Zeichendimension (vgl. Kap. 5.3.2).

Die zwei Hautkomponenten **Hardware** und **Software** beinhalten alle beide Bestandteile des Strukturelementes Form, welches durch die jeweiligen Merkmalsgruppen der zwei Medienaspekte Hard- und Software (vgl. Kap. 2.2.2, Abb. 2.2.2-6) ausführlich beschrieben werden kann.

Die **Hardware** beschreibt das Strukturelement Form als die Datenausgabe des taktilen kartographischen Mediums mit Hilfe seiner Merkmalsgruppen Zeichenträger und/oder Ausgabegerät (als Träger der Informationen) sowie der Datengrundlage, Datenformate und dem Speichermedium, die allesamt einen Bestandteil der Form repräsentieren.

Die **Software** charakterisiert das Strukturelement Form der taktilen kartographischen Medien als die Abbildung auf dem Zeichenträger sowie als die ausgegebenen Daten und/oder das übermittelte Programm mit Hilfe seiner Merkmalsgruppen Abbildungs- und Repräsentationsformen, Medienerscheinung, mediale Unterstützung und mediale Umgebung. Die Konstruktionsmethoden beschreiben lediglich das Strukturelement Form einer traditionellen taktilen kartographischen Medienanwendung als Abbildung auf dem Zeichenträger. Die zwei Merkmalsgruppen, angesprochener Sinneskanal und verwendetes Symbolsystem, des Medienaspektes Software dienen dagegen nicht zur Beschreibung des Strukturelementes Form.

Der Medienaspekt **Botschaft** beschreibt keine Strukturelemente taktiler kartographischer Medien.

Die Botschaft repräsentiert das im Symbolsystem Vermittelte und spiegelt damit das Verhältnis aus der Gesamtheit des mit Hilfe des Mediums zu übermittelnden Wissens und der daraus tatsächlich gewonnenen (Er-) Kenntnisse über die georäumliche Wirklichkeit wider. Das angestrebte und/oder erzielte Ergebnis (in Form von den gewonnenen Erkenntnissen) steht in direkter Beziehung mit den angestrebten Funktionen der konzipierten taktilen kartographischen Medien und wird in erster Linie durch die kartographische Disposition seiner Benutzer beeinflusst. Im Medienaspekt Botschaft vollziehen sich bei der Mediennutzung die Prozesse der Dekodierung der kartographischen Zeichensprache, des Kartenlesens und der Karteninterpretation. Durch Aufnahme, Verarbeitung und Austausch der zu vermittelnden raumbezogenen Informationen mittels taktiler kartographischer Medien, bei deren Konzeption ihre begrenzten Inhalte und speziellen Nutzungsbedingungen stets berücksichtigt werden müssen, sind die Nutzer in den kartographischen Kommunikations-, Erkenntnisgewinnungs- und Verhaltenslenkungsprozess eingebunden (vgl. Kap. 4. 2). Der Medienaspekt Botschaft beeinflusst nicht nur alle drei Hauptkomponenten der Struktur, sondern wird auch durch die Strukturelemente der drei Medienaspekte Hardware, Software und Symbolsystem maßgeblich bestimmt (vgl. Kap. 6.3).

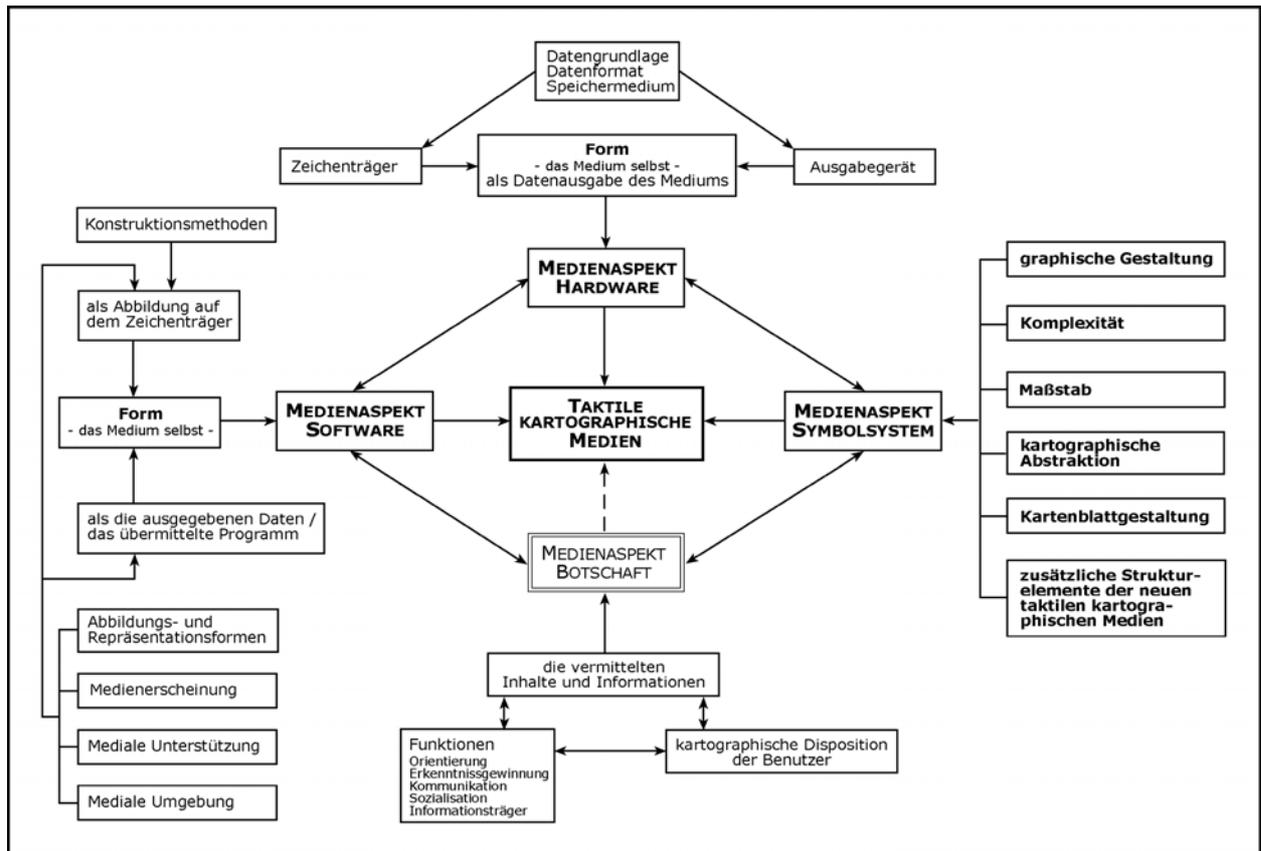


Abb. 5.2-1: Allgemeines graphisches Strukturmodell taktiler kartographischer Medien

Mit Hilfe dieses Strukturmodells können alle Strukturelemente taktiler kartographischer Medien eindeutig einer Kategorie von Struktureigenschaften zugeordnet werden, die das Medium charakterisiert. So kennzeichnet das Strukturmodell die inhaltliche und semiotische Strukturierung der taktilen kartographischen Medien im Symbolsystem einerseits und ihre Beschaffenheit, Komplexität bzw. Vielfältigkeit im Hard- und Softwareaspekt andererseits. Zusätzlich werden die bestehenden Wechselwirkungen zwischen den Hauptkomponenten angedeutet. Die Beziehungen zwischen Struktur und Funktion können jedoch nur dann sinnvoll untersucht werden, wenn klare Vorstellungen von den Merkmalen beider vorhanden sind. Um wesentliche bzw. charakteristische Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen Struktur und Funktion offen legen zu können (vgl. Kap. 6.3), müssen die wesentlichen Merkmale (Hauptmerkmale) von Struktur (vgl. Kap. 5.3) und Funktion (vgl. Kap. 4.2) genau erfasst, begründet und beschrieben werden.

Im Gegensatz zur Taxonomie taktiler kartographischer Medien (vgl. Kap. 2.2.2) lässt dieses graphische Strukturmodell keine hierarchische Gliederung bzw. hierarchische Strukturierung erkennen.

### 5.2.1 Struktur und Kartosemiotik

Die Semiotik wird als allgemeine Zeichenlehre oder Zeichentheorie bezeichnet, die die drei Forschungsbereiche Syntaktik, Semantik und Pragmatik umfasst (vgl. Kap. 5.2.1.1). Diese drei Bereiche können nicht unabhängig voneinander betrieben werden.

Das Forschungsgebiet der kartographischen Zeichentheorie, die **Kartosemiotik** (kartographische Semiotik) umfasst die Semiotik aller visuellen sowie taktilen topographischen und thematischen Karten bzw. kartographischen Medien und stellt damit ein Teilgebiet der allgemeinen Kartographie und einen Zweig der angewandten Semiotik dar. Hauptziel dieser

Forschungsrichtung ist die Entwicklung eines kartographischen Zeichensystems unter semiotischer Betrachtungsweise. Dabei stützen sich viele Ansätze, Theorien und Bearbeitungen von kartographischen Zeichentypologien auf die grundlegenden Arbeiten von BERTIN<sup>6</sup>, SPIESS, KOLÁČNÝ<sup>7</sup>, FREITAG<sup>8</sup>, RATAJSKI, oder PRAVDA<sup>9</sup>, die maßgeblich Ende der 1960er und zu Beginn der 1970er Jahre entstanden und seitdem als fundamentale Grundlagen zur weiteren Forschung dienen.

Um die Vielfalt der kartosemiotischen Literaturbeiträge seit Beginn der 1970er Jahre übersichtlich zu analysieren, erstellte KOCH (1999) eine kommentierte Bibliographie für einen Großteil der Arbeiten (in etwa 50 Titel) aus dem deutschsprachigen Raum, die er nach fünf allgemeinen Kriterien wie folgt aufgliederte:

	HAUPTTHEMATIK DER BEITRÄGE	SCHWERPUNKTE	AUTOREN
1	Beiträge, die sich mit der Beziehung zwischen Kartographie und Semiotik auseinandersetzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung bzw. Bewertung der Kartosemiotik</li> <li>• Aufgaben der Kartosemiotik</li> </ul>	FREITAG, E. LEHMANN, OGRISSEK, PRELL, STAMS
2-A	Beiträge, die grundlegende Fragen kartographischer Zeichensysteme und der kartographischen Kommunikation in Bezug auf die semiotische Methodologie und semiotische Ausdrücke prüfen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeichendefinition</li> <li>• Zeichenstruktur</li> <li>• Zeichenkodierung u. -dekodierung</li> <li>• Kartographische Kommunikation</li> </ul>	BOLLMANN, KOCH, PRELL, SPIESS, TAINZ
2-B	Beiträge zu wissenschaftlich theoretischen Aspekten der Kartosemiotik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum Wesen der Kartosemiotik</li> <li>• Terminologie</li> <li>• Klassifikation</li> </ul>	NÖTH, OGRISSEK, PRAVDA, UCAR, SCHLICHTMANN, WOLODTSCHENKO
3-A	Beiträge mit syntaktischem Bezug	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graphische Ausdrucksmittel</li> </ul>	GROBER, KOCH, KOWANDA, SPIESS
3-B	Beiträge mit semantischem Bezug	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartengestaltung (z.B. Signaturenvereinheitlichung, Skalierung)</li> </ul>	JORDAN, KELNHOFER
3-C	Beiträge mit pragmatischem Bezug	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartographische Zeichenwahrnehmung und Interpretation</li> <li>• Kartographische Kommunikation</li> </ul>	BOLLMANN, GROBER, KOCH, TAINZ,
4	Beiträge zur digitalen kartographischen Modellierung, die semiotische Elemente oder semiotische Ideen beinhalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Syntaktische, semantische u. pragmatische Aspekte der Modellierung</li> <li>• Kartographische Kommunikation</li> </ul>	BOLLMANN, KOCH, SCHWENK, UTHE
5	Andere Beiträge zur Kartosemiotik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung</li> <li>• Kommunikation</li> </ul>	FREITAG, KNÖPFLI, MANG

Tab. 5.2.1-1: Beiträge zur Kartosemiotik, zusammengestellt von KOCH (1999)

<sup>6</sup> BERTIN (1967) erarbeitete erste Grundlagen zur Kartosemiotik, indem er versuchte, Karten als ein System von Zeichen zu analysieren und nach spezifischen Unterschieden zwischen dem Zeichensystem Karte und weiteren Zeichensystemen wie Sprache, Bilder oder Musik suchte. Dabei überprüfte er die Eignung seiner graphischen Variablen (Kartengraphik) zur Abbildung von raumbezogenen Datenstrukturen (Skalierungsniveau). BERTINS Gliederungseinheiten des kartographischen Systems richten sich nach den Möglichkeiten, Strukturen des Sprachsystems auf nichtsprachliche Zeichen zu übertragen. So setzt sich das kartographische System aus invarianten Komponenten, elementaren Kategorien (z.B. Punkt, Linie, Fläche) und den graphischen Variablen (Größe, Helligkeit, Farbe, Form, Muster und Orientierung) zusammen. Des Weiteren definierte er visuelle Karten als ein "monosemiotisches" System, weil sie aus eindeutig definierten Elementarzeichen bestehen. Bei Sprache und Bildern handelt es sich dagegen um "polysemiotische" Systeme, da die Elementarzeichen mehrere Bedeutungen tragen, also polysem sind. Musik stellt aufgrund ihrer "extremen Polysemie" ein "pansemiotisches" System dar (NÖTH 1998).

<sup>7</sup> Die kartographische Zeichen- und Kommunikationstheorie von KOLÁČNÝ & FREITAG beschreibt „die einzelnen Komponenten der kartographischen Kommunikation und führt zur Differenzierung der kommunikativen Eigenschaften und pragmatischen Funktionen von Karten in kartographischen Handlungsfeldern“ (TAINZ & KOCH 2002, LdKG, Stichwort: kartographische Zeichentheorie, Bd. 2, S. 40).

<sup>8</sup> FREITAG (1971) erkannte, dass die semiotische Methodik konsequent auf die Kartographie angewendet werden muss, damit es möglich ist, „die zahlreichen Ansätze zur Kartengraphik, Zuordnung von Gestalt und Aussage, Kartensystematik usw. zu werten, zu ordnen, Unbrauchbares vom Notwendigen zu trennen und auf Fehlendes aufmerksam zu machen“ (Semiotik und Kartographie, KN 1971, S. 174).

<sup>9</sup> Die kartographisch-linguistischen Ansätze von RATAJSKI & PRAVDA prägten den Begriff der Kartensprache und untersuchten „auf der Grundlage des sprachtheoretischen Vergleichs von verbalsprachlichen und kartographischen Zeichensystemen den Aufbau eines kommunikationsorientierten kartographischen Zeichenvorrats“ (TAINZ & KOCH 2002, LdKG, Stichwort: kartographische Zeichentheorie, Bd. 2, S. 40).

Während auf dem Forschungsgebiet der Kartosemiotik für visuelle Karten bereits mehrere theoretische Untersuchungen und wissenschaftliche Abhandlungen vorliegen, blieb der Bereich der Semiotik für taktile kartographische Medien bislang nahezu unberührt.

Im folgenden Abschnitt soll der zeichentheoretische Ansatz von MORRIS, der die Semiotik als die Lehre von der Entstehung, dem Aufbau und der Wirkungsweise von Zeichen und Zeichensystemen im heutigen Sinne weiter entwickelte, allgemein zusammengefasst werden.

#### 5.2.1.1 Der Ansatz von CHARLES WILLIAM MORRIS

Auf MORRIS (1972) geht die Dreiteilung des Zeichenprozesses in die Dimensionen (Bereiche) Syntaktik, Semantik und Pragmatik zurück, die sich auch für den Fachbereich der Kartosemiotik visueller Karten im Allgemeinen durchgesetzt hat.

Die **kartographische Syntaktik** beschäftigt sich nach FREITAG (1971) mit „Aufbau und Ordnung der kartographischen Zeichen und ihren Formations- und Transformationsregeln“ (Semiotik und Kartographie, S. 174). Die fundamentalen Problemkreise der kartographischen Syntaktik liegen in der Variation der graphischen Grundelemente Punkt, Linie und Fläche mit den von BERTIN (1974) aufgestellten graphischen Variablen Größe, Helligkeit, Rasterweite (Muster), Farbe, Richtung und Form; der Prüfung der Kombinationsmöglichkeiten der Signaturen, die durch die semantischen Dimensionen der Zeichen festgelegt sind und nicht zuletzt der Transformation kartographischer Zeichen. Die kartographische Syntaktik behandelt also den Zeichenbildungsprozess (die Strukturgefüge und auch die Struktur der Einzelzeichen) und liegt damit in der Konzeptionsphase eines (taktilen) kartographischen Mediums.

Nach den Ausführungen von FREITAG (1971) beschäftigt sich die **kartographische Semantik** mit den „Beziehungen zwischen den kartographischen Zeichen, ihren Variationen und Kombinationen einerseits und den kartographischen Objekten, ihrer Klassifikation und Integration zu Sachverhalten andererseits“ (S. 176), währenddessen die Eindeutigkeit bei der Zuordnung von Objekten zu Begriffen sowie von Sachverhalten zu Aussagen generell vorausgesetzt wird! Die kartographische Semantik ist die kartographische Bedeutungstheorie, wobei die Begriffe und kartographischen Aussagen nur die gedanklichen Abbilder der objektiven Realität, ihrer Gegenstände, ihrer Eigenschaften und ihrer Sachverhalte darstellen.

Zu den wichtigsten Aufgaben der kartographischen Semantik zählen unter anderem die Kodierung und Dekodierung von Informationen der georäumlichen Wirklichkeit, die Aufstellung von Zuordnungsregeln zwischen Zeichen und Begriffen, die optimale Kopplung von bestehenden Objektmerkmalen mit den begrenzten Möglichkeiten der taktilen kartographischen Ausdrucksformen, die starke Begriffsgeneralisierung oder auch die eindeutige, übersichtliche und optimale Gestaltung von Legenden. Eine eindeutige und verständliche Zeichenerklärung ist in der visuellen sowie taktilen Kartographie unbedingt erforderlich, um sicherzustellen, dass die beim Empfänger (Kartennutzer) eintreffende Nachricht möglichst identisch mit der von der Informationsquelle (Karte als Abbild der Wirklichkeit) ausgehenden Nachricht ist. Des Weiteren müssen die Beziehungen zwischen den taktilen Kartenzeichen und den dargestellten Objekten bzw. Objektmerkmalen (Objekt-Zeichen-Referenzen) stets einprägsam und eindeutig sein. Die taktilen kartographischen Ausdrucksformen (bzw. Gestaltungsmittel) sind den Visuellen gegenüber benachteiligt, da der zur Verfügung stehende Gestaltungsspielraum aufgrund der begrenzten Wahrnehmungsdimensionen eingeschränkt ist, womit das Kodieren und Dekodieren von kartographischen Informationen, das Aufstellen von Zuordnungsregeln zwischen taktilen Kartenzeichen und Begriffen oder die allgemeine Generalisierung von Begriffen generell erschwert werden.

Da die zahlreich vorliegenden Untersuchungsergebnisse visueller Karten nur mit Einschränkungen auf die taktile Kartographie übertragen werden können, sollen in der nachfolgenden Strukturanalyse (vgl. Kap. 5.3) die semantischen Aspekte taktiler Darstellungen eingehend

untersucht werden. Zusätzlich sollen die semantischen Konstellationen der auditiven Informationspräsentation in audio-taktilen Dialogsystemen genauer betrachtet werden.

Die kartographische Semantik setzt die kartographische Syntaktik voraus. Bei der graphischen Gestaltung von sowohl visuellen als auch taktilen Kartenzeichen müssen die semantischen Dimensionen, die den graphischen Figuren erst einen Sinngehalt verleihen, beachtet werden. Erst wenn ein Kartennutzer in der Lage ist, die (taktile) graphischen Zeichenstrukturen zu erkennen, sie voneinander zu unterscheiden und sie (rein graphisch) richtig zuzuordnen zu können, ist es zweckmäßig, die (taktile) graphischen Zeichen mit Informationen bzw. Inhalten zu belegen.

Die primären Problemkreise der **kartographischen Pragmatik** umfassen die Gestaltung des äußeren Kartenbildes, das Kartenlayout sowie das Kartendesign, damit ein Nutzer optimalen Zugang zur entwickelten Kartengraphik hat. So muss z.B. geprüft werden, welche äußeren Kartenelemente (wie z.B. Kartentitel) notwendig sind, um die Karte leicht und richtig lesen zu können und/oder welche Form, Größe bzw. welche Anordnungen im Verhältnis zum gesamten Kartenbild erforderlich sind (NÖTH 2000).

Je mehr ein taktil kartographisches Medium auf die speziellen Informationsbedürfnisse seiner Nutzergruppe ausgerichtet ist und je einfacher, rascher und unmissverständlicher diesem Medium nützliche Informationen entnommen werden können, ohne von zusätzlichen aufwendigen Hilfsmitteln oder personengebundener Hilfe abhängig zu sein, desto besser ist das taktil kartographische Medium für seinen vorgesehenen Verwendungszweck geeignet. Dazu sind z.T. künstlerische Überlegungen aber vor allem spezielle wahrnehmungspsychologische Untersuchungen mit blinden und sehbehinderten Personen notwendig. Die Berücksichtigung der dabei gewonnenen Erkenntnisse bilden die erste Voraussetzung für eine optimale Kartengestaltung und Kartennutzung sowie einer vollen Funktionsfähigkeit der neu entwickelten taktilen kartographischen Medien. Pragmatische Probleme treten somit auf der Ebene der Syntaktik, der Ebene der Semantik und den Beziehungen zwischen Zeichen und Zeichenschöpfern auf, d.h. der pragmatische Aspekt schließt generell den semantischen und syntaktischen Aspekt mit ein. Dementsprechend kann zwischen „dem pragmatischen Aspekt der syntaktischen Zeichenfunktion, dem pragmatischen Aspekt der semantischen Zeichenfunktion und dem pragmatischen Aspekt der pragmatischen Zeichenfunktion“ unterschieden werden (OGRISSEK 1987, S. 70).

### 5.3 Beschreibung und Analyse der Strukturelemente taktiler kartographischer Medien

Aufbauend auf das in Kapitel 5.2 erstellte Strukturmodell für die sowohl traditionellen als auch neuen taktilen kartographischen Medien erfolgt in diesem Kapitel die detaillierte Strukturanalyse der gesamten Anwendungsstruktur bzw. aller Strukturelemente taktiler kartographischer Medien in den drei Medienaspekten Hardware, Software und Symbolsystem. Die Untersuchung der Strukturelemente im Symbolsystem erfolgt dabei unter kartosemiotischen Aspekten.

#### 5.3.1 Analyse der Strukturelemente im Medienaspekt Hardware und Software

Wie dem Strukturmodell taktiler kartographischer Medien (vgl. Abb. 5.2-1) zu entnehmen ist, setzt sich das **Strukturelement Form** sowohl aus **Bestandteilen** des Medienaspektes **Hardware** (als die Datenausgabe des Mediums) als auch des Medienaspektes **Software** (als Abbildung auf dem Zeichenträger, als die ausgegebenen Daten oder das übermittelte Programm) zusammen.

## **A) Der Medienaspekt Hardware**

Der Medienaspekt Hardware, der für das "womit" und "worauf" die kartographischen Informationen darstellbar gemacht werden steht, beschreibt die Datenausgabe des Mediums in Form von einem Ausgabegerät oder eines Zeichenträgers. Weiterhin werden Datengrundlagen, Datenformate, Datenausgabe, das Speichermedium sowie die Mobilität der Zeichenträger und Ausgabegeräte als beschreibende Komponenten des Strukturelementes Form untersucht.

Die Datenstruktur eines kartographischen Mediums kann in erster Linie im Medienaspekt Hardware beschrieben werden.

### **Zeichenträger**

Entsprechend dem Anspruch, Umfang und Ziel der kartographischen Informationsübermittlung muss an erster Stelle ein geeigneter Zeichenträger, auf dem die Karten- bzw. Medienelemente später angeordnet werden sollen, bestimmt werden.

Bei traditionellen sowie einigen neuen taktilen kartographischen Medien (z.B. audio-taktile Dialogsysteme) handelt es sich bei den Trägern von Informationen in erster Linie um Schwellpapier oder PVC-Folie. Klassische Datenträger können des Weiteren aus Gips, Holz, Stoff, Plastik, Pappe oder ähnlichen Materialien, die sich zum Gestalten eines Modells oder Reliefs eignen und durch gute Tastqualitäten auszeichnen, bestehen. Im Fall der taktilen und virtuellen Displays werden die Informationen über Braille-Punkte, die in Form von beweglichen Stiften auf einer Stiftplatte bzw. einem Display (z.B. Braille-Großdisplay DMD 120060) oder einer Mouse (z.B. VirTouch) angeordnet sind, übertragen. Neue taktile kartographische Medien verfügen zum Großteil über zusätzliche akustische Speicherträger und Speicherformen.

### **Datengrundlage, Datenformate und Datenausgabe**

Datengrundlagen traditioneller taktiler kartographischer Medien können sowohl analog als auch digital vorliegen. Analoge Datenvorlagen stellen unter anderem reliefartige Vervielfältigungsoriginale für das Thermo- Vakuum- Verfahren dar, die mit Hilfe von manuellen Bausätzen (z.B. Euro-Town-Kit, Nottingham Map Kit), dem Nyloprint-Verfahren oder verschiedenen Gips- bzw. Holzfräsverfahren erstellt werden können. Des Weiteren werden manuell gezeichnete Graphiken als Vorlage für das Quellkopierverfahren auf Schwellpapier zur Erstellung von taktilen Graphiken benötigt. Die Datenausgabe ist analog.

Digitale Datengrundlagen können in Form von HP-GL-Daten (Hewlett Packard Graphical Language) oder anderen digital zur Verfügung stehenden Daten zur Anfertigung von reliefartigen Tiefziehvorlagen mit einer Fräsmaschine vorliegen. Weiterhin können Handzeichnungen oder analog vorliegende (Graphik-) Ausdrücke, die mit Vektorgraphikprogrammen (z.B. Macromedia Freehand oder Corel Draw) angefertigt worden sind bzw. alle analogen Ausdrücke digital vorliegender Graphiken oder Braille-Schrift enthaltender Textdateien als Datengrundlage für das Quellkopierverfahren auf Schwellpapier dienen, wobei die Datenausgabe (in Form einer taktilen Karte) immer analog ist.

Alle Datengrundlagen für die neuen taktilen kartographischen Medien liegen grundsätzlich digital vor. Bedingt durch die zumeist multimodalen Anwendungen benötigen die Medienanwendungen der neuen taktilen kartographischen Medien meist mehrere Dateiformate, da Audiodateien, Textdateien und Graphikdateien oft gleichzeitig in einer Anwendung erforderlich sind. Die Datenausgabe kann sowohl analog als auch digital erfolgen.

### **Speichermedium**

Die Speicherung der Daten taktiler kartographischer Medien kann sowohl digital als auch analog erfolgen. Für die Speicherung von digitalen Daten bzw. digitalen Datengrundlagen stehen zahlreiche Speichermedien, wie z.B. DVD, CD-ROM, ZIP, Festplatte oder vereinzelt noch Disketten, zur Verfügung. Die digitalen Daten können dabei in den unterschiedlichsten (Daten-) Formaten abgespeichert sein. Zu analogen Speichermedien zählen unter anderem die reliefartigen Vervielfältigungsoriginale (Matrizen) für das Thermo-Vakuum-Verfahren oder die analogen Graphik- bzw. Textvorlagen (Ausdrücke, Handzeichnungen) für das Quellkopierverfahren auf Schwellpapier. Bei Unikaten (z.B. Reliefs) entspricht der analoge Zeichenträger dem verwendeten Speichermedium für die analogen Daten.

### **Ausgabegerät**

Neue taktile kartographische Medien erfordern im Gegensatz zu den traditionellen taktilen kartographischen Medien ein konkretes (Ausgabe-) Gerät (wie z.B. Computer mit Stiftplatte oder Stiftmaus, Touchtablett, Braille-Zeile), mit dessen Hilfe kartographische Informationen an die Medienbenutzer übertragen werden können.

## **B) Der Medienaspekt Software**

Der Medienaspekt Software, der für das "*wie*" die kartographischen Informationen an den Medienbenutzer übermittelt werden steht, beschreibt das Medium als die Abbildung auf dem Zeichenträger oder als die mit Hilfe eines Ausgabegerätes ausgegebenen Daten bzw. als das übermittelte Programm. Diesbezüglich werden die verschiedenen Konstruktionsmethoden, die Abbildungs- und Repräsentationsformen, die Medienerscheinung, die mediale Unterstützung sowie die mediale Umgebung als beschreibende Komponenten des Strukturelementes Form untersucht.

### **Abbildungs- und Repräsentationsformen**

Die Abbildungs- und Repräsentationsformen taktiler kartographischer Medien bestehen zum einen aus analogen dreidimensionalen Modellen einer Umgebung (z.B. Relief) bzw. digitalen dreidimensionalen Abbildern, die mit Hilfe von beweglichen Stiften auf einem Display entstehen (z.B. Dreidimensionales taktiler Display für Blinde) und zum anderen aus analogen zwei- bzw. zweieinhalbdimensionalen taktilen Abbildungen und Karten oder digitalen zweidimensionalen taktilen Displays (z.B. Braille-Großdisplay DMD 120060). Zu den zweidimensionalen taktilen Karten zählen alle Abbildungen auf Schwellpapier und Ausdrücke mit Wachstintendruckern (z.B. PRINT, Phayser 600), die insgesamt nur zwei Höhenebenen aufweisen. Bei zweieinhalbdimensionalen taktilen kartographischen Abbildungen erfolgt ein stufenförmiger Übergang in mehrere Höhenebenen, wie z.B. bei Abbildungen auf PVC-Folie, die im Thermo-Vakuum-Verfahren (Tiefziehverfahren) erstellt werden und mindestens drei verschiedene Höhenstufen haben.

### **Medienerscheinung**

Die klassischen Erscheinungen taktiler kartographischer Medien treten in Form von z.T. zusätzlich farblich gestalteten taktilen Karten und Plänen, taktilen Globen oder (großflächigen) Reliefs auf und dienen als taktile Abbilder einer Umgebung.

Neue Medienerscheinungen treten sehr vielfältig auf und umfassen den gesamten Bereich der neuen taktilen kartographischen Medien wie audio-taktile Dialogsysteme, taktile Displays, virtuelle taktile Displays, virtuelle taktile Karten, elektronische Reisehilfen oder GPS-gestützte Navigationssysteme für Blinde.

### **Mediale Umgebung**

Traditionelle Medienumgebungen taktiler kartographischer Medien bestehen in der Regel aus taktilen Karten oder Atlanten mit dazugehörigen Beschreibungen, die sowohl schriftlich als auch verbal (z.B. auf CD) vorliegen können oder aber aus geowissenschaftlichen bzw. geographischen Fach- und Schulbüchern.

Neue Medienumgebungen für taktile kartographische Medien stellen unter anderem audio-taktile Dialogsysteme, Webanwendungen im Internet, die speziell für blinde und sehgeschädigte Nutzer konzipiert wurden, interaktive Lernanwendungen (z.B. im Internet oder auf CD-ROM) oder weitere Formen von Informationssystemen dar.

### **Mediale Unterstützung**

Die mediale Unterstützung für den Bereich der taktilen kartographischen Medien erfolgt durch eine redundante sowie nutzerorientierte Einbindung von Text-, Sprach-, Ton-, Geräusch- oder Graphikkomponenten in den kartographischen Kommunikationsprozess. Die Vernetzung der Medien verfolgt dabei das Ziel, eine Ergänzung oder eine gewünschte Redundanz bei der Übermittlung von Informationen zu erzielen. Im Sinne von Multimedia strebt ein Großteil der neuen taktilen kartographischen Medienanwendungen die Verknüpfung von mehreren, sich ergänzenden Medienelementen sowie das Multimedia-Element Interaktivität an. Diese Elemente werden im Abschnitt 5.3.2.6 „Zusätzliche Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien im Symbolsystem“ ausführlich untersucht.

**Konstruktionsmethoden**

Zur prägnanten Gestaltung von taktilen Karten und Plänen stehen drei Konstruktionsmethoden (Linien-, Gitter- und Blockbauweise) zur Verfügung, die sich bezüglich ihrer Figur-Hintergrund-Beziehungen deutlich voneinander unterscheiden lassen. Um das Darstellungspotenzial auf taktilen Karten zu verbessern, fanden verschiedene empirische Untersuchungen hinsichtlich der Konstruktionsweise und des Komplexitätsgrades mit taktilen Karten des gleichen Gebietes statt, in denen dieselben Informationen in der Linien-, Gitter- und Blockbauweise dargestellt wurden. Alle vorliegenden Untersuchungsergebnisse führten zu dem Ergebnis, dass die Gitterbauweise den anderen beiden Bauweisen und die Blockbauweise der bereits 1973 von der "Blind Mobility Research Unit" in Nottingham entwickelten Linienbauweise stets vorgezogen wurden (BRAMBRING & LAUFENBERG 1979, STAUBACH 1978).

MERKMAL/BAUWEISE	LINIENBAUWEISE	GITTERBAUWEISE	BLOCKBAUWEISE
Figur- Hintergrund- Beziehung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Punkt- Linien und Flächen- signaturen sind gleich hoch</li> <li>• Straßen werden durch erhöhte Linien bzw. Doppellinien dargestellt. → d.h. die Figur Straße und der Hintergrund befinden sich auf einer Ebene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Straßen- und Wegenetz sowie Bebauung wird auf dem Hintergrund als flächige Figur hervorgehoben.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hintergrund bzw. bebauete Fläche werden gegenüber dem Straßen- und Wegenetz erhaben dargestellt.</li> <li>• Durch die Höhenunterschiede wird eine bessere Differenzierung zwischen Figuren und Hintergrund gewährleistet.</li> </ul>
Dimension / Höhenebenen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2D</li> <li>• Generell werden nur zwei Höhenebenen benötigt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2D, (2½ D)</li> <li>• Um weitere Informationen auf den Straßen oder Gebäuden darzustellen (z.B. Straßennamen), wird eine dritte Ebene benötigt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2½ D</li> <li>• Es werden Herstellungsverfahren mit einer Ausgabemöglichkeit von mindestens drei Höhenebenen benötigt.</li> </ul>
Mögliche Kartenherstellungsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quellschneidverfahren auf Schwelppapier</li> <li>• Wachstintendrucker</li> </ul>	<p><u>zwei Höhenebenen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quellschneidverfahren auf Schwelppapier</li> <li>• Wachstintendrucker</li> </ul> <p><u>mind. drei Höhenebenen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermo-Vakuum-Verfahren</li> </ul>	<p><u>mind. drei Höhenebenen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermo-Vakuum-Verfahren</li> </ul>
Vorteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle Herstellung bzw. Skizzierung mit Thermostiften auf Schwelppapier möglich.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonung des Wesentlichen</li> <li>• Auf relativ kleinen Formaten kann ein Maximum an Informationen angeboten werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erscheint als logische, der Wirklichkeit am ehesten entsprechende Darstellung.</li> </ul>
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei großer Informationsdichte oder einem engen Straßennetz kann die Lesbarkeit eingeschränkt sein.</li> <li>• Straßenkontur und bebauete Fläche sind nicht eindeutig voneinander zu trennen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Zeit-) Aufwendige Kartengestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenüber den anderen Verfahren wird bei gleicher Informationsdichte ein größeres Format benötigt, um Braille-Schrift und Signaturen diskriminierbar zu gestalten.</li> <li>• (Zeit-) Aufwendige Kartengestaltung</li> </ul>
Abbildung	<p>Abb. 5.3.1-1: Linienbauweise nach BRAMBRING (1979)</p>	<p>Abb. 5.3.1-2: Gitterbauweise nach BRAMBRING (1979)</p>	<p>Abb. 5.3.1-3: Blockbauweise nach BRAMBRING (1979)</p>

Tab. 5.3.1-1: Die Konstruktionsmethoden

5.3.2 Analyse der Strukturelemente im Medienaspekt Symbolsystem

Im **Medienaspekt Symbolsystem**, der den Kode bezeichnet, mit "*welchen*" die zu übermittelnden kartographischen Informationen verschlüsselt sind, können die Strukturelemente taktiler kartographischer Medien im Rahmen der Semiotik untersucht und genau beschrieben werden.

Die Untersuchung der semiotischen Strukturierung taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem stellt einen sehr interessanten, aber bisher kaum erforschten Teil der kartographischen Zeichentheorie dar. Die kartographische Zeichentheorie (Kartosemiotik) entwickelt Theorien und Modelle zur Herstellung und Nutzung (taktile) kartographischer Medien, um spezielle kartographische Zeichensysteme als die graphischen Repräsentanten georäumlicher Informationen im Sinne einer Zeichensprache bereitzustellen.

Das semiotische Herangehen an eine detaillierte Analyse und Beschreibung der einzelnen Strukturelemente traditioneller und neuer taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem muss spezifisch erfolgen. Zur allgemeinen **Struktur taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem** gehören im einzelnen die graphische Gestaltung, die Komplexität, die kartographische Abstraktion, der Maßstab, die Kartenblattgestaltung sowie zusätzliche Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien (vgl. Abb. 5.2-1).

<b>KARTOSEMIOTIK</b> (IM SYMBOLSYSTEM)		
<b>SYNTAKTISCH-SEMANTISCH</b>		<b>PRAGMATIK</b>
<b>1A) GRAPHISCHE GESTALTUNG</b> (KAP. 5.3.2.1)		<b>4) Maßstab</b> (KAP. 5.3.2.4)
<ul style="list-style-type: none"> <li>graphische Merkmale der taktilen Kartenzeichen (Kap. 5.3.2.1.2)</li> <li>→ <i>taktile graphische Variablen</i> (z.B. Form- und Größenrelationen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>graphische Wirkungen der taktilen Kartenzeichen (Kap. 5.3.2.1.2)</li> <li>→ <i>taktile graphische Variablen</i> (z.B. assoziative und dissoziative Wirkungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkleinerungsverhältnis</li> <li>Maßstabsbereich</li> <li>Dimensionsstufen</li> </ul>
<b>SYNTAKTIK</b>	<b>SEMANTIK</b>	
<b>1B) GRAPHISCHE GESTALTUNG</b> (KAP. 5.3.2.1)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kartenzeichensystem und Superisationsvorgänge (Kap. 5.3.2.1.1-A)</li> <li>Lagegenauigkeit (Kap. 5.3.2.1.1-B) (absolute Lage, relative Lage)</li> <li>Diskrimination (Kap. 5.3.2.1.1-C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Objektmerkmale und Darstellungsmethoden (Kap. 5.3.2.1.3-A)</li> <li>Kartenschrift (Kap. 5.3.2.1.3-B)</li> <li>Standardisierung (Kap. 5.3.2.1.3-C)</li> <li>Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen (Kap. 5.3.2.1.3-D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anforderungen an die Karte hinsichtlich der Kartenzeichen</li> <li>Interpretations- und Deutungsprozess</li> <li>Täuschungen bei der Zeichenwahrnehmung</li> </ul>
<b>2) KOMPLEXITÄT</b> (KAP. 5.3.2.2)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>graphische Kartenbelastung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kartenbelastung</li> <li>Komplexitätsgrad (komplexe Karte, Polyelementkarte, Elementkarte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frage nach dem erforderlichen bzw. dem Zweck entsprechenden Komplexitätsgrad des kartographischen Mediums.</li> </ul>
<b>3) KARTOGRAPHISCHE ABSTRAKTION</b> (KAP. 5.3.2.3)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>geometrische Abstraktion (→ graphische Abstraktion)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Begriffsgeneralisierung: (→ semantische Generalisierung) qualitativ, quantitative, temporal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frage nach dem erforderlichen Abstraktionsgrad in Abhängigkeit von Zweck und Inhalt.</li> </ul>
<b>5) KARTENBLATTGESTALTUNG</b> (KAP. 5.3.2.5)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Format</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Legende bzw. Legendengestaltung</li> <li>Formulierung des Kartentitels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>äußere Kartenblattgestaltung (Kartentitel, Maßstabsangabe, Nordpfeil, Rahmen, Gradnetz)</li> </ul>
<b>6) ZUSÄTZLICHE STRUKTURELEMENTE DER NEUEN MEDIENANWENDUNGEN</b> (KAP. 5.3.2.6) - BEISPIELE -		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Format der taktilen oder virtuellen Ausgabefläche</li> <li>auditive Variablen / Vibrationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inhalt der Informationsebenen</li> <li>Anzahl von Informationsebenen</li> <li>auditive Variablen / Vibrationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzungsanleitung für die gesamte Medienanwendung</li> </ul>

Abb. 5.3.2-1: Die Strukturelemente taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem

Abbildung 5.3.2-1 liefert eine schematische Übersicht über die zu untersuchenden Strukturelemente traditioneller taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem, gegliedert nach den drei Dimensionen der Zeichenrelation von MORRIS (Syntaktik, Semantik, Pragmatik)<sup>10</sup>. Die detaillierte Untersuchung der taktilen Kartenzeichen in Form einer Strukturanalyse nach der graphischen sowie inhaltlichen Zeichenstrukturierung verfolgt das primäre Ziel, die Struktur taktiler kartographischer Medien unverzüglich zu erkennen, um Strukturoptimierungen, schneller, gezielter und konsequenter zu ermöglichen.

### 5.3.2.1 Graphische Gestaltung

Die Analyse des taktilen kartographischen Zeichenkodes nach seiner graphischen Struktur unterteilt sich in die Untersuchungsbereiche der syntaktischen Aspekte der graphischen Gestaltung (Kap. 5.3.2.1.1) wie den Superisationsvorgängen<sup>11</sup>, der Diskrimination und der rein graphischen Anordnung von Kartenzeichen sowie in die semantischen Aspekte der graphischen Gestaltung von taktilen Kartenzeichen (Kap. 5.3.2.1.3) wie den Objektmerkmalen und Darstellungsmethoden, dem Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen, der Kartenschrift und der Standardisierung von taktilen Kartenzeichen.

Es ist schwierig, eine klare Grenze zwischen dem Untersuchungsgebiet der kartographischen Syntaktik und der kartographischen Semantik zu ziehen, da beide Untersuchungsbereiche zum Teil (fließend) ineinander übergehen, zumal die Semantik die Syntaktik voraussetzt. So weisen die taktilen Kartenzeichen mit ihren graphischen Merkmalen (Form- und Größenrelationen) einerseits und ihren graphischen Wirkungen (assoziativ, dissoziativ) andererseits sowohl syntaktische als auch semantische Aspekte auf, die nicht eindeutig voneinander abzugrenzen sind (vgl. Kap. 5.3.2.1.2). Im Verlauf der systematischen Abhandlung von rein syntaktischen, syntaktisch-semantischen und rein semantischen Aspekten der graphischen Gestaltung taktiler Kartenzeichen soll dennoch versucht werden, die Bereiche der kartographischen Syntaktik und Semantik soweit wie möglich voneinander abzugrenzen.

An dieser Stelle soll nachdrücklich darauf hingewiesen werden, dass das Ziel dieser theoretisch geprägten Arbeit nicht in der Durchführung von elementaren Lesbarkeitsuntersuchungen liegt. Vielmehr geht es in den folgenden Abschnitten um die systematische Analyse, Ableitung und Beschreibung graphischer Struktureigenschaften taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem. Dabei beziehen sich verschiedene Aussagen auf bereits vorliegende Erfahrungswerte aus der Praxis. Andere Behauptungen beruhen auf logischen und zugleich prognostischen theoretischen Ableitungen aus der visuellen Kartographie, denen derzeit weder Erfahrungswerte noch Beweise bzw. belegbare empirische Untersuchungsergebnisse mit blinden und/oder sehbehinderten Probanden zugrunde liegen.<sup>12</sup>

In Bezug auf die speziellen Struktureigenschaften taktiler kartographischer Medien gibt es derzeit kaum bzw. nur wenige abgeschlossene empirische Untersuchungsergebnisse, obgleich die taktile Kartengestaltung bereits von vielen Autoren untersucht wurde. In diesen Versuchen ging es aber vorwiegend um grundlegende und vielfach rein praktisch ausgeprägten, von der wissenschaftlichen Kartographie losgelösten Lesbarkeitsuntersuchungen von taktilen Kartenzeichen und der damit verbundenen Auswahl optimaler Tast- und voneinander diskriminierbarer Kartenzeichen, Mindestdarstellungsgrößen bzw. Mindestabständen, Kartenbauweisen oder um allgemeine Anforderungen an die taktile Kartengestaltung, aber nicht um spezielle zeichentheoretische Untersuchungen, wie z.B. zu den graphischen Merkmalen der taktilen Zeichen, zu den Anwendungsmöglichkeiten der einzelnen kartographischen Dar-

---

<sup>10</sup> Die Analyse der zusätzlichen Strukturelemente neuer taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem erfolgt in Kapitel 5.3.2.6 und wird ebenso nach den drei Dimensionen der Zeichenrelation von MORRIS gegliedert.

<sup>11</sup> „Im Sinne der Semiotik stellt jede Bildung weiterer Zeichen aus den Elementarzeichen des Repertoires eine Superisation dar. Superisation heißt Vereinigung mehrerer Zeichen zu einem neuen Zeichen, das eine bestimmte Struktur aufweisen muss. Ein Superzeichen ist danach eine Zusammensetzung von Elementarzeichen (Subzeichen) mit einer bestimmten sinnvollen Struktur“. (UÇAR 1979, S. 25)

<sup>12</sup> „Eine wissenschaftliche Theorie erfüllt sowohl eine explikative als auch eine prognostische Funktion. Sie muss in der Lage sein, sowohl die Sachverhalte ihres Objektbereiches zu klären als auch neue, bis dahin unbekanntere Sachverhalte vorauszusagen.“ (KLAUS & BUHR 1974, Bd. 2, S. 1220)

stellungsmethoden auf taktile Karten oder dem Darstellungscharakter taktiler Kartengraphiken (symbolisch, indexikalisch, ikonisch).

#### 5.3.2.1.1 Syntaktische Dimensionen der graphischen Gestaltung

##### A) Kartenzeichensystem und Superisationsvorgänge

Das taktile kartographische Zeichensystem, das im Rahmen der kartographischen Syntaktik Aufbau und Zusammensetzung der Kartenzeichen beschreibt, bildet die ertastbare und z.T. visuell wahrnehmbare graphische Struktur des gesamten taktilen Kartenbildes und kann, wie bei visuellen Karten, in drei allgemeine Ebenen untergliedert werden.

Die **unterste Ebene** umfasst i.d.R. die nicht bedeutungstragenden ertastbaren graphischen **Elementarzeichen** (Grundelemente) Punkt, Linie und Fläche, als die elementaren bzw. zeichenbildenden Bausteine eines taktilen Kartenzeichens, die in ihrer inneren Struktur<sup>13</sup> nicht variiert werden können, jedoch in ihrer äußeren Struktur<sup>14</sup> variabel sind. Dabei muss das taktile graphische Grundelement Fläche stets eine einheitliche innere Strukturierung aufweisen, um als eine einheitliche Fläche taktil wahrgenommen zu werden. Taktile (kartographische) Elementarzeichen sind also unstrukturierte, erhabene und damit durch Erasten wahrnehmbare punktförmige oder linienförmige Zeichen sowie nach außen hin (d.h. in ihrer äußeren Form) unstrukturierte aber in sich selbst abgeschlossene homogen strukturierte flächenförmige Zeichen.

In der **mittleren Ebene** des taktilen Kartenzeichensystems befinden sich eine Fülle von, aus den Elementarzeichen komplex bzw. ganzheitlich zusammengesetzten und mit Hilfe der taktilen graphischen Variablen gestalteten, Kartenzeichen, die taktilen **Superzeichen** sowie die **Kartenschrift** (Braille-Schrift, große Schwarzschrift), die als spezielle Zeichenkategorie die Kartenzeichen ergänzt und erläutert. Im Gegensatz zu visuellen kartographischen Medien tritt Braille- oder Schwarzschrift in taktilen Karten nicht selbst zeichenhaft in Erscheinung, es sei denn, man betrachtet sie im Sinne indexikalischer Zeichen (vgl. NÖTH 2000, S. 490). Superisationsvorgänge stellen innerhalb der kartographischen Syntaktik den fundamentalen Bestandteil zur graphischen Gestaltung von visuellen und taktilen Kartenzeichen dar. Nach UÇAR (1979) kann überdies die gesamte Karte als ein Superzeichen höchster Komplexität aufgefasst werden, „da sie aus einer Superisation niederer Superzeichen, der Wortzeichen, der Abbildsignaturen und Figurensignaturen<sup>15</sup> hervorgeht und ihre Gestaltung auf mehrfach ausgeführten Zeichenprozessen beruht“ (UÇAR 1979, S. 28).

Visuelle und taktile Superzeichen unterscheiden sich, bedingt durch die dem Kartennutzer zur Verfügung stehenden Sinnesmodalitäten, in vielen Bereichen voneinander. Die Superzeichenbildung von taktilen Kartenzeichen erfordert daher andere Regeln, Methoden und Gestaltungskriterien als das Zusammensetzen von visuellen Kartenzeichen, wobei grundlegende Theorien und Erfahrungen der visuellen Kartographie nicht ignoriert werden dürfen. Während das taktile Zeichenelement Punkt über nur sehr stark begrenzte Möglichkeiten zur äußeren Strukturierung verfügt (hauptsächlich sind Variation seiner Größe möglich), kann mit den taktilen Elementarzeichen Linie und Fläche weitaus umfangreicher gestaltet werden. Ein taktilen Kartenzeichen sollte sich generell aus nur wenigen optimal strukturierten Elementarzeichen zusammensetzen, um den Anforderungen an die taktile Zeichenwahrnehmung zu genügen. Der Komplexitätsgrad von optimal strukturierten taktilen Kartenzeichen ist folglich sehr gering. Nach der Verkettung taktiler Elementarzeichen zu wenig komplexen Signaturen steht der taktilen Kartengestaltung eine deutlich geringere Zeichenvielfalt von noch voneinander zu diskriminierenden Kartenzeichen zur Verfügung als der Visuellen.

---

<sup>13</sup> innere Struktur der Zeichen: Wahrnehmungsapparat; EIN ZEICHEN bzw. DAS ZEICHEN selbst

<sup>14</sup> äußere Struktur der Zeichen: steht im Verhältnis zu Raum und Zeit; stellt das Verhältnis nach außen dar bzw. beschreibt das Zeichen im Verhältnis zu den anderen Zeichen

<sup>15</sup> Nach der Typologie der Kartenzeichen von UÇAR (1979) unterteilen sich die Signaturen in die Abbildsignaturen und Figurensignaturen.

In der **obersten Ebene** des taktilen kartographischen Zeichensystems werden in Abhängigkeit von den eingesetzten kartographischen Darstellungsmethoden und den Kartentypen die mehr oder weniger komplexen **graphischen Strukturen** repräsentiert.

Wesentlich für ein taktilen Kartenzeichensystem sind die logische Ordnung und eine graphische Homogenität der Kartenzeichen, die unter anderem die Lesbarkeit und graphische Erkennbarkeit von Beziehungen zwischen den Kartenzeichen beinhaltet.

## **B) Anordnung der Kartenzeichen - Lagegenauigkeit von Kartenobjekten**

Die **relative Lage** von Objekten in einer taktilen Karte charakterisiert nur die Lage der bedeutungstragenden Objekte zu anderen Objekten. Im Gegensatz zu visuellen Karten wird in taktilen Karten nicht die Genauigkeit der Lage benachbarter Objekte zueinander exakt bestimmt, sondern lediglich beschrieben oder charakterisiert, indem, ausgehend von einem Objekt, die Distanz zum nächsten und zum übernächsten Objekt etc. ermittelt und u.U. ausgewertet werden kann. Der relative Lagefehler<sup>16</sup> in einer taktilen Karte ist gegenüber der Natur überdimensional groß. In taktilen Karten werden generell keine relativen Lagefehler durch Messung der Abstände von Punkten bzw. Objekten und durch Vergleiche mit den Sollabständen bestimmt. Die relative Genauigkeit sagt nichts über die absolute Genauigkeit aus.

Die **absolute Lage** eines Zeichens in einer taktilen Karte beschreibt die Genauigkeit der Lage gegenüber der Lage seines Objektes auf dem Erdkörper, wobei die absolute Lagegenauigkeit innerhalb eines einheitlichen Bezugssystems niemals den Genauigkeitsgrad visueller Karten erreichen kann. Die absolute Lage von taktilen Zeichen in der Karte wird durch semantische Dimensionen festgelegt, aber auch durch syntaktische Aspekte, wie der Einhaltung eines erforderlichen Mindestabstandes zu taktilen Nachbarzeichen oder der nötigen Mindestdarstellungsgröße, entscheidend mitbestimmt. Gegebenenfalls ist eine Begriffsgeneralisierung (thematische Abstraktion, vgl. Kap. 5.3.2.3) unbedingt erforderlich.

## **C) Diskrimination taktiler Kartenzeichen**

Die Untersuchungen zur Diskrimination taktiler Kartenzeichen bilden einen weiteren Forschungsschwerpunkt im Rahmen der kartographischen Syntaktik. Ziel einer taktilen Karte ist es nicht, die Diskriminationsfähigkeit der tastenden Hand auszuloten und herauszufordern<sup>17</sup>. Vielmehr sollen die taktilen Abbildungen durch wissenschaftliche Überlegungen und Tests stetig optimiert werden und in möglichst enger Rückkopplung mit den zukünftigen Nutzern stehen (vgl. Kap. 6.3.1).

Erfahrungsgemäß wird die Diskrimination taktiler Signaturen durch die Verwendung prägnanter, kontrastreicher und syntaktisch redundanter Merkmale unterstützt. Zusätzlich müssen die notwendigen Mindestabstände<sup>18</sup> zwischen den einzelnen taktilen graphischen Grundelementen (Punkt, Linie, Fläche) innerhalb eines einzelnen Kartenzeichens stets eingehalten werden (HUDELMAYER 1986). Auch die Untersuchungen bezüglich der Figur- und Hintergrundbeziehung sind zur Erhöhung der Diskriminationsfähigkeit taktiler Karten von großer Bedeutung. Um Fehlinterpretationen vorzubeugen und Informationsverluste zu vermeiden, dürfen sich die Kartenobjekte nie überschneiden oder partiell verdecken. Gleicher-

---

<sup>16</sup> Der relative Lagefehler in visuellen Karten soll umso kleiner sein, je näher die Objekte beieinander liegen. Bei genügend großen Punktabständen (ab etwa 10 cm, meist schon ab 1 cm in der Karte) erreicht der mittlere relative Lagefehler den Betrag des mittleren absoluten Lagefehlers, der i.A. + 0,33 mm nicht überschreitet (KOCH 2002, LdKG, Stichwort: Lagefehler, Bd. 2, S. 88).

<sup>17</sup> Beim passiven Tasten und bei völlig isolierter Reizung sind die Fingerspitzen in der Lage, gleichzeitige, punktuelle Reize im Abstand von 1,6 mm gerade noch voneinander zu unterscheiden. Beim Kartenlesen muss von weitaus höheren Grenzwerten ausgegangen werden.

<sup>18</sup> Empirische Untersuchungen haben ergeben, dass taktile Zeichen, die näher als 3,2 mm beieinander liegen, leicht als ein einzelnes Objekt, anstelle von zwei separaten Zeichen wahrgenommen werden können. Bei Kindern ist ein noch größerer Abstand zwischen zwei einzelnen Kartenzeichen notwendig, wenn diese sicher voneinander diskriminiert werden sollen. Leider ist der geforderte Mindestabstand von 3,2 mm bei der taktilen Kartenerstellung in der Praxis oft nicht umsetzbar (BENTZEN 1982).

maßen muss die Freistellung von Objekten auf strukturierten Hintergrund gewährleistet sein. Des Weiteren darf es in taktilen kartographischen Darstellungen aufgrund der sonst nicht gewährleisteten Diskriminationsmöglichkeiten der Kartenzeichen keine fließenden Übergangseffekte zwischen Punkt-, Linien- und Flächensignaturen geben. Stattdessen sind klare und scharfe Abgrenzung zwischen den einzelnen Objekten unbedingt erforderlich.

Viele wissenschaftliche Abhandlungen und empirische Versuche haben sich in der jüngeren Vergangenheit unter anderem mit den Mindestgrößen und Mindestabständen taktiler Kartenzeichen auf verschiedenen Ausgabematerialien (wie z.B. Schwellpapier oder PVC-Folie), mit der maximalen Anzahl der noch voneinander diskriminierbaren Oberflächenstrukturen, optimaler Taststrukturen oder der Freistellung von Punkt- und Liniensignaturen auf strukturierten Hintergrund ausführlich auseinandergesetzt. Daher soll an dieser Stelle auf die Veröffentlichungen der Marburger Blindenstudienanstalt oder auf Arbeiten von BENTZEN (1982), PODSCHADLI (1986), K. LEHMANN (1990), KINZEL (1995) u.a. Autoren verwiesen werden.

## 5.3.2.1.2 Syntaktisch-Semantische Dimensionen der graphischen Gestaltung

Im folgenden Abschnitt werden die **taktilen graphischen Variablen** in Bezug auf ihre syntaktischen und semantischen Aspekte analysiert. Dabei werden die graphischen Merkmale (Form- und Größenrelationen) sowie die graphischen Wirkungen (assoziativ, dissoziativ) der Zeichen untersucht.

Die Untersuchung nach den durchführbaren Kombinationsmöglichkeiten<sup>19</sup> verschiedener Variablen sowie die Ermittlung nach den optimalen oder maximalen Längen der taktilen graphischen Variablen liegen im engeren Sinne im Untersuchungsgebiet der **kartographischen Syntaktik**, solange es ausschließlich um deren graphische Gestaltung bzw. um deren rein taktilen graphisches Erscheinungs- oder Wahrnehmungsbild geht und im weiteren Sinne in den Untersuchungsgebieten der **kartographischen Semantik** und der kartographischen Pragmatik, da jeder taktilen graphischen Variablen, die durch Variation zum Bestandteil eines taktilen Kartenzeichens wird, eine Bedeutung zugeordnet werden kann, die aber auch eindeutig wahrnehmbar sein muss. Deshalb ist es hier nicht möglich, eine klare Abgrenzung zwischen den syntaktischen und semantischen Aspekten der taktilen graphischen Variablen zu ziehen.

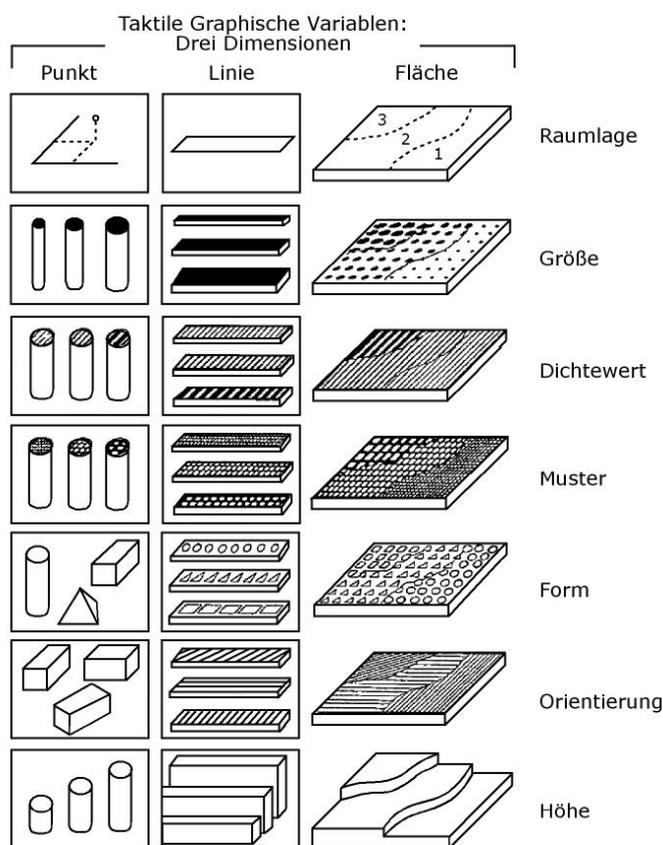


Abb. 5.3.2.1.2-1: Taktile graphische Variablen nach VASCONCELLOS (1991)

Es ist bekannt, dass die graphischen visuellen Variablen von BERTIN (1974) nur teilweise auf das taktilen Zeichensystem übertragen werden können. VASCONCELLOS (1991) unternahm erstmals den Versuch, die graphischen Variablen zur Gestaltung von taktilen Kartenzeichen in ein entsprechendes taktilen Format zu überführen. Da Farbtöne und Helligkeitsunterschiede nicht mit Hilfe des Tastsinnes wahrgenommen werden können, ersetzte sie diese visuellen graphischen Variablen durch die taktilen Variable Höhe und fügte damit dem graphi-

<sup>19</sup> Im Sinne von BERTIN (1974) stellt die Kombination graphischer Variablen die gleichzeitige Anwendung verschiedener Variablen bei der Variation eines (karto-) graphischen Zeichens dar. Die Variablenkombination verfolgt mehrere Ziele: die Wahrnehmungseigenschaften (Wirkungen) der einzelnen Variablen sollen gekoppelt und möglichst verstärkt werden; die gleichzeitige Wiedergabe mehrerer Objektmerkmale oder die Implementierung eines zusätzlichen Skalenniveaus sollen ermöglicht werden (KOCH 2002, LdKG, Stichwort: Kombination graphischer Variablen, Bd. 2, S. 64).

schen Gestaltungsspielraum für taktiler Graphiken die dritte Dimension hinzu. Die taktilen Variablen von VASCONCELLOS lassen sich demnach nach ihrer Größe, Muster, Form, Orientierung (Richtung), Dichtewert und Höhe frei variieren und variabel gestalten.

Bei einer eingehenden Betrachtung der taktilen graphischen Variablen nach VASCONCELLOS (1991) fällt jedoch auf, dass einige taktiler graphische Variablen als eigenständige (d.h. von anderen Variablen unabhängige) so genannte Hauptvariablen selbständig auftreten und angewendet werden können, während andere Variablen nie allein sondern nur in Form von hier so genannten Subvariablen (Hilfsvariablen) auftreten und lediglich als eine aus- bzw. mitgestaltende Komponente einer anderen taktilen graphischen Variablen dienen und damit nur in kombinierter Form vorkommen können. Zu den eigenständigen taktilen Variablen zählen Größe, Form, Muster (als die taktiler Oberflächenstruktur) und Höhe. Die taktilen graphischen Variablen Dichtewert (als die Intensität der Oberflächenstruktur) und Orientierung (als die Ausrichtung der Oberflächenstruktur) treten dagegen nur als Subvariablen auf. So bildet der Dichtewert eine wichtige Komponente zur tastbaren Ausgestaltung der Oberflächenstruktur der taktilen graphischen Hauptvariablen Muster. Die Orientierung fungiert dagegen als eine elementare Gestaltungskomponente der taktilen graphischen Hauptvariable Form. D.h., beide Subvariablen können, im Gegensatz zu ihren visuellen Kongruenten in der taktilen Kartographie, nicht als eigenständige graphische Variablen angewendet werden, sondern ausschließlich nur in der Kombination mit einer anderen Hauptvariablen.

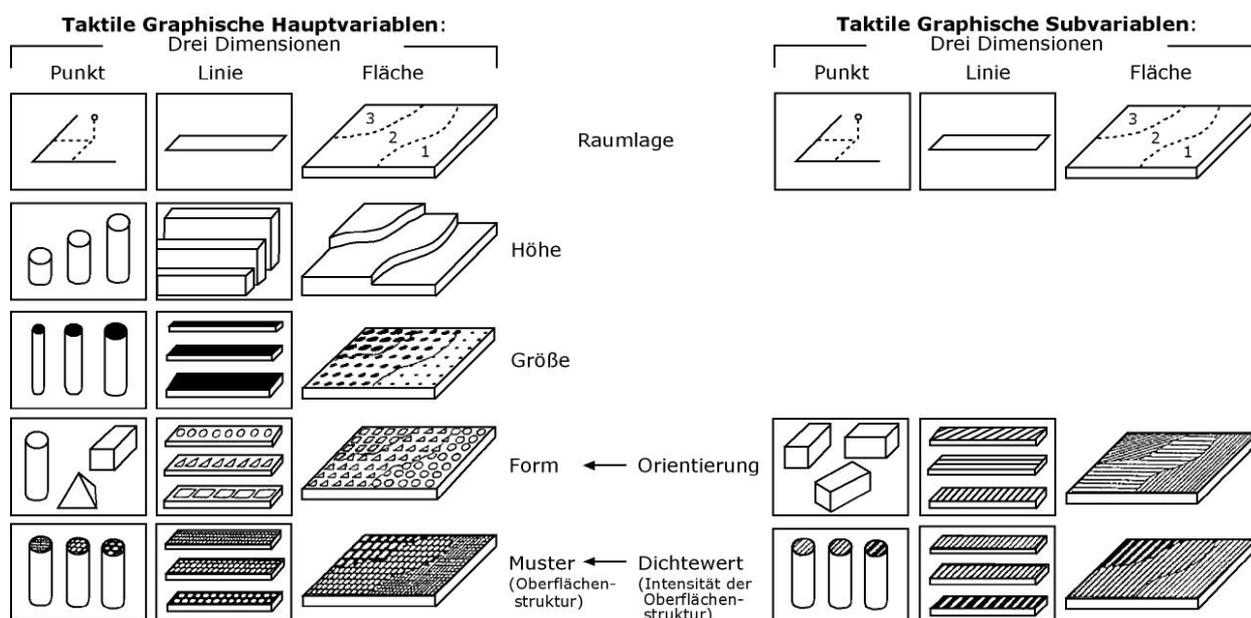


Abb. 5.3.2.1.2-2: Neuordnung der taktilen graphischen Variablen

Durch die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten der taktilen graphischen Variablen können bei einer ausschließlich syntaktischen Betrachtungsweise rein **graphische Eindrücke** bzw. **taktile Empfindungen** von Zusammengehörigkeit (z.B. durch gleiche Größen), Unterschiedlichkeit (z.B. durch unterschiedliche Oberflächenstrukturen), Ordnung oder Wertdifferenz (z.B. in Form von größer-kleiner oder dicker-dünner) hervorgerufen werden (syntaktische Redundanz).

Eine rein graphisch **auflösende Wirkung** (bzw. eine taktil auflösende Empfindung) erzeugen die zwei eigenständigen taktilen graphischen Hauptvariablen Größe und Höhe sowie die Subvariable Dichtewert als eine gestaltende Komponente der Oberflächenstruktur, da sie taktil unterschiedlich wahrnehmbar sind. Eine rein graphisch **verbindende Wirkung** (bzw. eine taktil verbindende Empfindung) rufen dagegen die zwei eigenständigen taktilen graphischen Hauptvariablen Form und Muster sowie die Subvariable Orientierung, als eine gestaltende Komponente der Form, mit einer gleichmäßigen taktilen Wahrnehmbarkeit hervor.

Da taktiler Karten die vollständige Ausschöpfung der zur Verfügung stehenden graphischen Ausdrucksmittel des taktilen kartographischen Zeichensystems erfordern, sind ihre Anwen-

dungsmöglichkeiten sehr eingeschränkt. Die mehrfache Kombination taktiler graphischer Variablen ist bei der Datenpräsentation bzw. der Kartengestaltung unabdingbar, um die angestrebten taktilen Wahrnehmungseigenschaften der einzelnen Variablen miteinander zu koppeln und vorzugsweise zu verstärken. Im Gegensatz zu visuellen Karten können bei taktilen kartographischen Darstellungen auf diese Weise nicht mehrere Objektmerkmale gleichzeitig wiedergegeben werden. Des Weiteren ist es nicht möglich, ein zusätzliches Skalenniveau zu implementieren.

Die **Höhe** ist eine weniger graphische sondern vielmehr plastische Hauptvariable für taktile Darstellungsformen, die mit allen anderen taktilen graphischen Variablen beliebig variiert werden kann, sofern es der jeweilige Zeichenträger<sup>20</sup> (die Hardwarekomponente) erlaubt. Sie verfügt über eine **auflösende** (dissoziative) **Wirkung**, deren inhomogene taktile Empfindung gegen Null geht.

Mit der Höhe lassen sich taktile Punkt-, Linien- und Flächensignaturen beliebig variieren, um nominalskalierte Geodaten oder geordnete Qualitäten vergegenständlichen zu können. In Kombination mit der taktilen Variable Muster kann die trennende Wirkung der Höhe zusätzlich verstärkt werden. Die ordnende Wirkung der Höhe wird bei flächenhaften Kartenzeichen mit Hilfe der Subvariablen Dichtewert, die jedoch nur als eine gestaltende Komponente vom Muster angewendet werden kann, intensiviert.

Die visuelle graphische Variable Farbe kann durch die Bereitstellung verschiedener Höhenstufen in Kombination mit unterschiedlichen taktilen Mustern (Oberflächenstrukturen) und Dichtewerten nicht vollkommen kompensiert, aber dennoch teilweise ausgeglichen werden.



Abb. 5.3.2.1.2-3: Die taktile Variable Höhe – Realisierung mehrere Höhenstufen mit dem Thermo-Vakuüm-Verfahren auf PVC-Folie.  
USA – Bevölkerungsdichte 1980 (blista)



Abb. 5.3.2.1.2-4: Die taktile Variable Höhe – Ausgabe von nur zwei Höhenstufen auf Schwellpapier

Die taktile graphische Hauptvariable **Größe** verfügt über eine stark **auflösende Wirkung**, deren inhomogene taktile Wahrnehmung gegen Null geht. Die (Karten-) Zeichen werden aufgrund ihrer unterschiedlichen Größe, trotz gleicher Muster bzw. Oberflächenstrukturen oder Formen, nicht als gleichwertig empfunden. Des Weiteren hat die Größe eine trennende bzw. aufteilende Wirkung, da die taktilen Zeichen einer Kategorie von taktilen Zeichen anderer Kategorien isoliert werden können.

<sup>20</sup> Viele Herstellungstechnologien für taktile Karten, wie z.B. das Quellkopierverfahren auf Schwellpapier, Siebdruck mit aufschäumenden Druckpasten, Prägedruck oder der Einsatz eines Wachstintendruckers verfügen nicht über die Möglichkeit, mehrere Höhenebenen zu erstellen. Bei diesen Verfahren können nur zwei Höhenstufen ausgegeben werden. Dagegen lassen sich beim Thermo-Vakuüm-Verfahren mehrere Höhenebenen auf PVC-Folien realisieren.

Mit der Größe lassen sich alle taktilen Punkt- und Liniensignaturen beliebig variieren, um in erster Linie eine ordnende Wirkung oder Wertdifferenz mit einer geringen Anzahl von Wertstufen in Form von größer-kleiner (Punktsignaturen, vgl. Abb. 5.3.2.1.2-5) oder dicker-dünnere (Linearsignaturen) zu erzeugen. Obwohl die Variable Größe von allen taktilen graphischen Variablen über die beste ordnende Wirkung verfügt, kann sie zusätzlich mit der taktilen Hauptvariablen Muster oder aber mit dem Muster und der Subvariablen Dichtewert, als eine gestaltende Komponente der Oberflächenstruktur, kombiniert werden, um die taktile Wirkung einer eindeutigen Reihenfolge zu verstärken.



Abb. 5.3.2.1.2-5: Die taktiler graphische Variable Größe, kombiniert mit dem Muster (Punktsignaturen), (e.V. Hamburg)

So wie die zwei taktilen Hauptvariablen Höhe und Größe verfügt auch die taktiler graphische Subvariable **Dichtewert** (Schraffurweite) über eine **auflösende Wirkung** und entspricht der unterschiedlich graphisch wahrnehmbaren bzw. taktil erfassbaren **Intensität einer Oberflächenstruktur** auf dem Kartenblatt. Sie stellt das taktiler Äquivalent zur visuellen graphischen Variablen Helligkeitswert dar und ist grundsätzlich nur in direkter Verbindung (bzw. Kombination) mit der taktilen graphischen Hauptvariablen Muster als die Intensität der Oberflächenstruktur bzw. die taktiler Schraffurweite realisierbar. Die Vielfältigkeit und Art ihrer Anwendungsmöglichkeiten in taktilen Karten hängt vom jeweiligen Ausgabemedium ab.

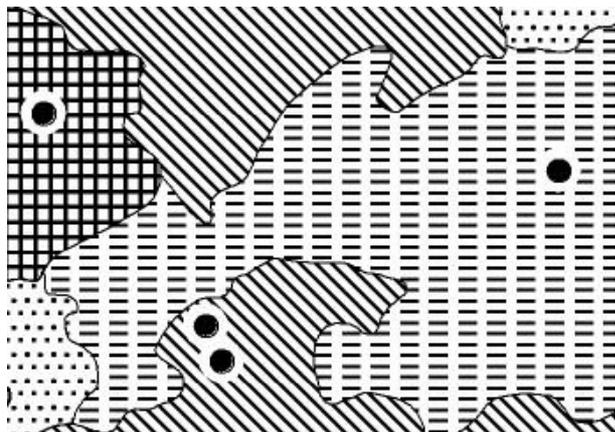


Abb. 5.3.2.1.2-6: Die taktiler graphische Subvariable Dichtewert auf Schwellpapier, Bevölkerungsdichte in Deutschland (GEIGER 2001)



Abb. 5.3.2.1.2-7: Die taktiler graphische Subvariable Dichtewert als Intensität der Oberflächenstruktur auf PVC-Folie, Deutschland Bevölkerungsdichte (e.V. Hamburg)

Bei Darstellungen auf Schwellpapier wird die Intensität der ertastbaren Oberflächenstruktur nur durch den Linien- bzw. Zeichenabstand zwischen den taktilen graphischen Grundelementen innerhalb einer Flächensignatur, wie z.B. von einem weitem Punktmuster zu einem engeren Punktmuster oder aber einer Schraffur mit größerem Linienabstand über eine Schraffur mit kleinerem Linienabstand bis hin zum Karo-Muster oder einer durchgängig gefüllten Fläche, hervorgerufen. Im zweiten Fall wird der Dichtewert als Intensität der Oberflächenstruktur zusätzlich mit den Variablen Form kombiniert (vgl. Abb. 5.3.2.1.2-6).

Auf PVC-Folien kann die aufteilende Wirkung der taktilen Subvariable Dichtewert als Intensität der taktilen Oberflächenstruktur (Muster) in Verbindung mit den Hauptvariablen Form und/oder Höhe zusätzlich verstärkt werden. Hier gibt es vielfältige Taststrukturen und Gestaltungsmöglichkeiten, die von einer sehr schwach strukturierten Oberfläche zu einer stark strukturierten Oberfläche, von einer scharfkantigen oder spitzen Rasteroberfläche zu einer weichen und abgerundeten Rasteroberfläche oder von einer glatten Oberfläche zu einer rauen Oberfläche übergehen können (vgl. Abb. 5.3.2.1.2-7). Des Weiteren kann die Intensität der ertastbaren Oberflächenstruktur (Dichtewert) mit Hilfe von Übergängen von einem weiten Punktraster bis hin zu einer Schraffur mit engem Linienabstand, wie bei Abbildungen auf Schwellpapier, nur mit unschärferen Abgrenzungen und größeren Zeichenabständen innerhalb der Flächensignaturen sowie unterschiedlichen Höhenebenen, realisiert werden.

Aufgrund der trennenden Wirkung des Dichtewertes können qualitative Werte der Nominalskala durch unterschiedliche Oberflächenstrukturen dargestellt werden. Durch die ordnende Eigenschaft der taktilen Subvariable Dichtewert als Intensität der Oberflächenstruktur können in Kombination mit den taktilen Hauptvariablen Form und/oder Höhe geordnete Qualitäten oder eindeutige Reihenfolgen von Zeichenkategorien taktil dargestellt und wahrgenommen werden.

Die taktile graphische Hauptvariable **Muster**, die in der visuellen Kartographie u.a. als Rasterweite oder Korn (SPIESS 1970), als Struktur der Flächenfüllung (STAMS 1983, ABC Kartenkunde, Stichwort: graphische Variablen), als Füllung (HAKE, GRÜNREICH & MENG 2002) oder Textur (FREITAG 1996) aufgefasst bzw. bezeichnet wird, soll in der taktilen Kartographie als die **taktile Oberflächenstruktur** gelten und verfügt über eine stark **verbindende** (assoziative) **Wirkung**. Das Muster eignet sich zum Erzeugen von graphischen Eindrücken bzw. taktilen Empfindungen der Zusammengehörigkeit mit Hilfe von gleichen Oberflächenstrukturen bzw. -mustern oder der Unterschiedlichkeit mit Hilfe verschiedener Oberflächenstrukturen, wobei alle Zeichen in ihrer taktilen Wahrnehmbarkeit homogen bleiben.

Der taktile graphische Gestaltungsspielraum des Musters ist zum Entwerfen von unterschiedlichen Punktsignaturen gleicher Form stark eingeschränkt, da ihm nur wenige voneinander differenzierbare Darstellungsmöglichkeiten (z.B. Punktsignatur gefüllt, Punktsignatur ungefüllt mit einfacher Umrandung, ungefüllte Punktsignatur mit einfacher Umrandung und Punkt in der Mitte) zur Verfügung stehen. Die taktile Wahrnehmbarkeit unterschiedlicher Muster in Punktsignaturen kann erhöht werden, indem die Variable Muster mit der Variablen Höhe kombiniert wird. Als zusätzliche Gestaltungselemente stehen so spitze Hervorhebungen, runde Kuppen oder Dellen dem Entwurf von Punktsignaturen zur Verfügung (vgl. Abb. 5.3.2.1.2-5). Auch für Linien-signaturen stellt sich der graphische Gestaltungsspielraum nur sehr eingeschränkt dar. Dagegen kann die taktile Oberflächenstruktur bei Flächensignaturen relativ vielfältig variiert und gestaltet werden, besonders bei Darstellungen, die mit dem Thermo-Vakuum-Verfahren auf PVC-Folie angefertigt wurden.

Aufgrund der trennenden Wirkung der taktilen graphischen Variable Muster können in taktilen Karten Daten der qualitativen Nominalskala dargestellt werden. Durch die Kombination mit den Variablen Form und/oder Höhe kann ihre aufteilende Wirkung zusätzlich verstärkt werden. Ferner kann die graphische Gestaltungsvielfalt der taktilen Kartenzeichen erhöht werden.

Besonders bei kartographischen Darstellungen auf PVC-Folie, die mit dem Thermo-Vakuum-Verfahren erstellt wurden, ist es z.T. sehr schwierig, eine klare und eindeutige Abgrenzung bezüglich der Verwendung der taktilen graphischen Variablen Muster und Form, insbesondere bei der Gestaltung von Flächensignaturen, zu finden. Mehrfach wurden in der Praxis beide Variablen gleichzeitig und eigenständig (d.h. ohne Variablenkombination) in einer taktilen Karte zur Präsentation von Daten der qualitativen Nominalskala eingesetzt, um so eine höhere Anzahl an voneinander eindeutig unterscheidbaren taktilen Oberflächenstrukturen zu gewinnen (vgl. Abb. 5.3.2.1.2-11).

Eine ordnende Wirkung der taktilen Oberflächenstruktur bzw. des Musters lässt sich in Verbindung mit der taktilen graphischen Subvariablen Dichtewert als Intensität der Oberflächenstruktur gut erzeugen, wobei sich die auflösende Wirkung des Dichtewertes auf das gesamte taktile Zeichen überträgt. Durch die zusätzliche Kombination mit den taktilen graphischen Hauptvariablen Größe und/oder Höhe kann die ordnende Wirkung des Musters wiederum zusätzlich verstärkt werden. Auch in diesem Fall überträgt sich die auflösende Wirkung von Dichtewert, Größe und Höhe auf das gesamte taktile Zeichen!

Mit Hilfe der taktilen graphischen Hauptvariablen **Form** können graphische Eindrücke bzw. taktile Empfindungen der Zusammengehörigkeit oder Unterschiedlichkeit durch gleiche oder unterschiedliche Figuren und Formen hervorgerufen werden. Die Form verfügt über eine **verbindende Wirkung**. Gleich große oder gleich hohe Zeichen können trotz ihrer verschiedenen Formen als gleichartig empfunden werden. Ihre taktile Wahrnehmbarkeit auf dem Kartenblatt bleibt stets homogen. Durch die aufteilende Wirkung der taktilen geometrischen Formen in Form von Punkt- bzw. Positionssignaturen und Formelementen, die eine Fläche ausfüllen (Flächensignaturen), lassen sich qualitative Aussagen sowohl lokal als auch areal vermitteln. Die trennende Wirkung der Form kann in Kombination mit der taktilen Variablen Muster zusätzlich verstärkt werden.

Hypothetisch gesehen ist, wie in der visuellen Kartographie, bei den taktilen Linien- und Flächensignaturen die Länge der taktilen graphischen Variablen Form unendlich groß, d.h. dem taktilen kartographischen Gestaltungsspielraum stehen theoretisch unendlich viele Variationsmöglichkeiten der Form für lineare und areale Kartenzeichen zur Verfügung. In der Praxis stehen dem Kartengestalter jedoch nur eingeschränkte Variationsmöglichkeiten der Form zur Verfügung, da sich alle taktilen Kartenzeichen in erster Linie eindeutig wahrnehmen und gut voneinander differenzieren lassen müssen.



Abb. 5.3.2.1.2-8: Die taktilen graphischen Variable Form, Positionssignaturen – (Schwellpapier) (GEIGER 2001)

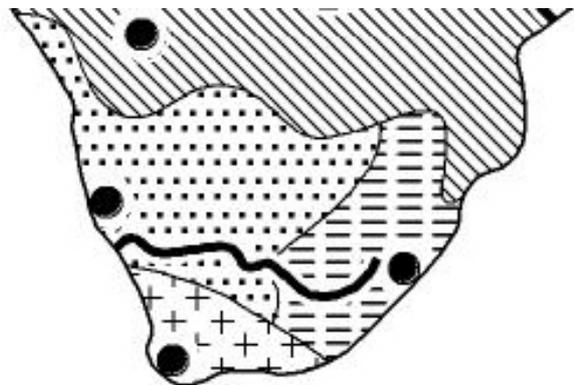


Abb. 5.3.2.1.2-9: Die taktilen graphischen Variable Form, Flächensignaturen – (Schwellpapier) (GEIGER 2001)

Punkthafte geometrische Formen (Positionssignaturen) können in taktilen Karten einerseits als geometrische Kartenzeichen mit nur wenigen zur Verfügung stehenden Grundformen und andererseits als sehr einfach gehaltene, stark abstrahierte bildhafte Kartenzeichen auftreten, um nominalskalierte Geodaten graphisch zu präsentieren (vgl. Abb. 5.3.2.1.2-8). Die Vielfalt an punkthafte Formen bleibt jedoch sehr eingeschränkt (vgl. Kap. 5.3.2.1.3, Abs. D – Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen).

Linienhafte Formen (Liniensignaturen) lassen einen weitaus größeren Gestaltungsspielraum in Form von gerissenen Linien, die durch die unterschiedlichste Kombination der Elementarzeichen Punkt und Linie (Strich) entstehen, zu, um nominalskalierte Geodaten taktil darstellen zu können (vgl. Abb. 5.3.2.1.2-10). Im Gegensatz zur visuellen Kartographie wurden in der taktilen Kartographie bisher keine bildhaften Formen zu Linien zusammengesetzt.

Auch flächenhafte Formen (Flächensignaturen), die sich aus einzelnen Formelementen, die eine Fläche ausfüllen, zusammensetzen, weisen in der taktilen Kartographie einen relativ hohen Gestaltungsspielraum auf, so dass sich in der Praxis ca. sechs bis sieben verschiedene Flächenmuster realisieren lassen, die gut erkennbar und zugleich leicht voneinander unterscheidbar sind.

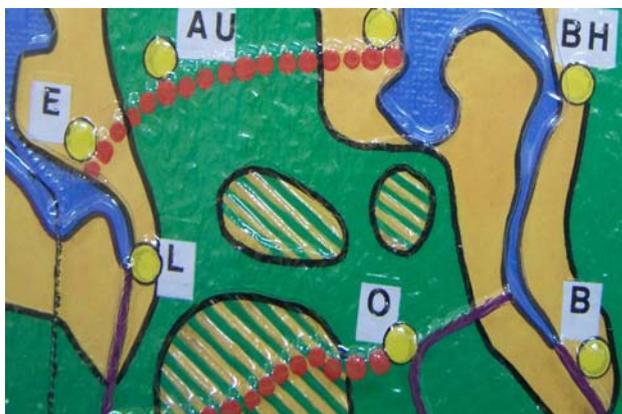


Abb. 5.3.2.1.2-10: Die taktil graphische Variable Form, Liniensignaturen – (PVC-Folie), (e.V. Hamburg)



Abb. 5.3.2.1.2-11: Die taktilen graphischen Variablen Form und Muster, Flächensignaturen – (PVC-Folie), (e.V. Hamburg)

Die taktil graphische Subvariable **Orientierung** wird zur Ausrichtung einzelner Formen bzw. verschiedener Formelemente, die eine Fläche ausfüllen, angewendet und verfügt über eine **verbindende Wirkung**, da die durch sie variierten Zeichen trotz ihrer taktil erkennbaren Unterschiede als homogen wahrgenommen werden können.

In Kombination mit der Hauptvariablen Form lassen sich nur wenige Richtungsangaben mit Hilfe von einfachen Punktsignaturen taktil wahrnehmen. Die taktil graphische Subvariable Orientierung kommt zur Gestaltung von Liniensignaturen und Flächensignaturen in taktilen Karten als solche generell nicht zur Anwendung. Stattdessen werden horizontale, vertikale und gewinkelte Linienanordnungen bzw. horizontale, vertikale und gewinkelte geometrische Formelemente zum Ausfüllen von Flächen genutzt. Die taktil graphische Subvariable Orientierung dient somit lediglich als graphisches Gestaltungselement bzw. als gestaltende Komponente zur taktil-graphischen (Wahrnehmungs-) Erweiterung der taktilen graphischen Hauptvariablen Form (vgl. Abb. 5.3.2.1.2-12). Die Orientierung tritt in der taktilen Kartographie lediglich als Subvariable in direkter Kombination mit der Hauptvariablen Form auf.

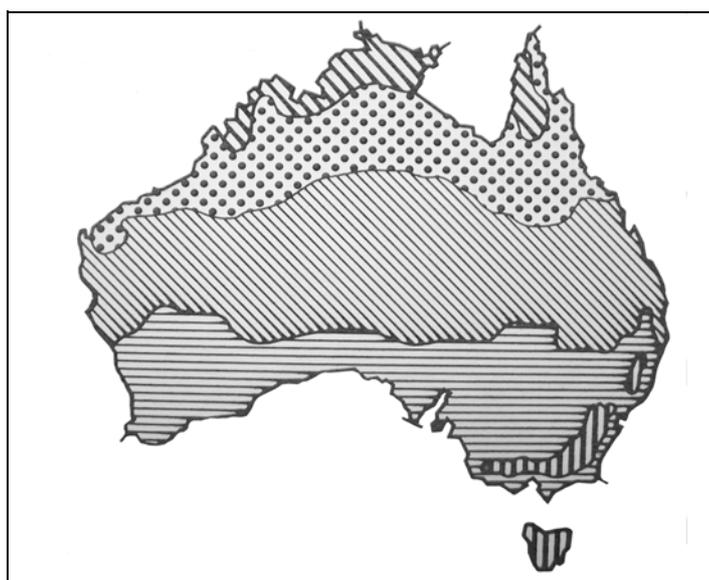


Abb. 5.3.2.1.2-12: Die taktil graphische Subvariable Orientierung als eine ausgestaltende Komponente der Form, Darstellung der maximalen Niederschlagsverteilung in Australien im Juli, Tactual Atlas of Australia

Die visuelle graphische Variable **Farbe** scheidet als Mittel der Informationsdifferenzierung und Informationswertung in taktilen Karten aus. Die überwiegende Anzahl der existierenden taktilen Karten ist einfarbig und somit ausschließlich nur für blinde Nutzer geeignet. Dabei ist eine farbliche Gestaltung dieser Karten durchaus zu empfehlen, da etwa 2/3 aller blinden Menschen über einen geringen Sehrest verfügen und davon etwa 1/3 in der Lage sind, kontrastreiche Farben wahrzunehmen bzw. diese voneinander zu unterscheiden<sup>21</sup>. Unter Amaurose (völlige Blindheit) leiden in etwa 1/3 aller Sehbehinderten.



Abb. 5.3.2.1.2-13: Die visuelle graphische Variable Farbe (VzFB)

Die Variable Farbe steht nicht zur Variation mit den anderen graphischen Variablen der taktilen Kartengestaltung zur Verfügung, sondern wird in so genannten kombinierten Darstellungen, die zusätzlich schwarz-weiß oder farbig gestaltet sind, als redundante Komponente zur taktilen Variable Muster und/oder Höhe angewendet. Werden taktile Abbildungen durch die redundante Verwendung von Schwarzschrift sowie farbige Kontrastierungen<sup>22</sup> der Kartenelemente ergänzt, können sie einer größeren Nutzergruppe zugänglich gemacht werden. Sehbehinderte, die für feine Diskriminationen den Tastsinn benutzen, könnten sich bei zusätzlicher, kontrastreicher Farbgebung auf einer Karte viel leichter orientieren. Zusätzlich ist die gemeinsame Verständigung über Karteninhalte zwischen Blinden und Sehenden gewährleistet.

<sup>21</sup> Das Auge besitzt die vier Grundaufgaben der Form- und Raumwahrnehmung, der Bewegungswahrnehmung, der Farbwahrnehmung sowie der Helligkeitswahrnehmung. Das Empfinden von Helligkeit und die Wahrnehmung von Farbe stehen in großer Abhängigkeit zueinander. In der Wahrnehmung Sehgeschädigter wirken Farben gleicher Helligkeit aber unterschiedlicher Intensität (Reizintensität) nicht kontrastreich. Dies gilt auch für Farben, die sich in ihrer Helligkeit voneinander unterscheiden aber dafür eine geringe Intensität (Reizintensität) aufweisen. Deshalb müssen sich die Farbtöne bei einer kontrastreichen Farbgestaltung für Sehbehinderte sowohl in ihrer Farbintensität als auch im Helligkeitswert der verwendeten Farben unterscheiden. Die Wahrnehmung von Farben ist von mehreren äußeren Faktoren abhängig. Grundvoraussetzung für eine farbenrichtige Wahrnehmung graphischer Abbildungen ist das Vorhandensein von Licht. Farbintensität, Helligkeitswert, Farbquantität sowie Farbkombinationen spielen eine weitere wichtige Rolle (BEYER 1995).

<sup>22</sup> Mit dem Einsatz von stark kontrastierenden Farben wird das Restsehvermögen Sehbehinderter berücksichtigt. Jede Farbe reflektiert eine dem Farbton entsprechende Lichtmenge. Diese Lichtmenge, übertragen auf eine Schwarz/Weiß-Skala, führt zu unterschiedlichen Helligkeitswerten. Für die farbliche Gestaltung von kombinierten Darstellungen sollten Farben verwendet werden, deren Graustufen auf der Grauwertskala möglichst weit auseinander stehen. BEYER (1995) stellte eine Rangfolge der Reizgrößen bei Farbkontrasten wie folgt auf: gelb auf schwarz; rot auf schwarz, grau oder weiß; dunkelblau auf weiß oder hellblau auf schwarz; hellgrün auf schwarz; mittelgrün auf schwarz oder schwarz auf weiß.

In Marburg/Lahn wurden gute Erfahrungen mit schwarzen, orangefarbenen und hellgrünen Farbtönen auf gelbem oder beigefarbenem Untergrund gesammelt. In der Grauwert-Tabelle liegen diese Farbtöne besonders weit auseinander. Schwarz sollte immer einen gelben oder beigefarbenen Untergrund aufweisen, da Weiß in Kombination mit schwarzer Schrift oder Symbolen leicht überstrahlt.

MACK (1999 a) führte im Rahmen ihrer Studienarbeit umfangreiche Farbtests mit sehgeschädigten Menschen durch. In diesen Tests sollte festgestellt werden, inwiefern Sehgeschädigte in der Lage sind, Farben und Grauwerte aneinandergrenzende Farbflächen, Farbkombinationen auf weißer Unterlage oder Punktsignaturen auf farbigem Untergrund voneinander zu unterscheiden. Die Auswertungen zeigten, dass schwarze Signaturen besser erkannt wurden als Farbige. Bei angrenzenden Flächen konnten nicht mehr als fünf Farbkombinationen voneinander unterschieden werden. Werden mehr Farben zur Gestaltung von Flächen benötigt, sind entsprechende Flächenmuster zu verwenden.

Aufgrund der geringen Auflösung des Tastsinns gegenüber des Sehsinns sowie der Forderung nach prägnanten und kontrastreichen Merkmalen muss die **Länge der taktilen graphischen Variablen**<sup>23</sup> bei taktilen Karten grundsätzlich deutlich kürzer ausfallen als bei visuellen Karten. Weiterhin wird die Länge der graphischen Variablen taktiler Karten vom jeweils verwendeten Ausgabemedium mit beeinflusst. Auf tiefgezogenen Kunststofffolien lassen sich aufgrund der zusätzlich eingeführten taktilen Variable Höhe mehr Wertestufen problemlos darstellen, erkennen und voneinander unterscheiden als bei kartographischen Abbildungen auf Schwellpapier mit nur zwei realisierbaren Höhenniveaus.

Um auf grundlegende Fragestellungen, wie z.B.: ab wann wird die Schwelle der taktilen Wahrnehmung bzw. Erkennbarkeit überschritten; wie hoch ist die optimale oder maximale Länge der taktilen graphischen Variablen für punktförmige, lineare und flächenhafte Kartenzeichen; wie viele Kombinationsmöglichkeiten sind sinnvoll bzw. zu empfehlen oder kann die allgemeine Formel für die Kombinationsmöglichkeiten visueller Variablen in eine adäquate Formel für die taktilen graphischen Variablen abgewandelt werden, eine aussagekräftige Antwort zu finden, müssen zukünftig empirische Versuche mit blinden und sehbehinderten Probanden durchgeführt und bewertet werden, da derzeit nur wenige Erfahrungswerte vorliegen!

Die in der folgenden Tabelle angegebenen durchschnittlichen Längen der taktilen graphischen Variablen beziehen sich nicht auf bereits vorliegende empirische Untersuchungsergebnisse, sondern basieren ausschließlich auf der Analyse mehrerer, der Autorin vorliegender taktiler Kartenblätter, in denen die Variablenlängen jeweils ausgezählt wurden. Diese erste tabellarische Zusammenstellung kann somit jederzeit ergänzt und erweitert werden.

VARIABLEN	LÄNGE DER TAKTILEN GRAPHISCHEN VARIABLEN					
	PUNKTSIGNATUREN		LINIENSIGNATUREN		FLÄCHENSIGNATUREN	
	Schwellpapier	PVC - Folie	Schwellpapier	PVC - Folie	Schwellpapier	PVC - Folie
Höhe	2	insgesamt 2-5 Höhenstufen	2	insgesamt 2-5 Höhenstufen	2	insgesamt 2-5 Höhenstufen
Größe	1	1-2	1-3	1-3	/	/
Form	1-5	1-3	1-3	1-3	4-6	4-6 (ein Mal: 14)
Muster	1-2	1-3	1-3	1-2	1-3	1-5 (ein Mal: 14)
Dichtewert	/	/	/	/	3-4	4-5
Richtung	/	1	/	/	/	/
[Farbe]	2 (s/w)	1-4	2 (s/w)	1-3	2 (s/w)	1-6 (4-5 + 1 Muster) (9 + 3 Muster)

Tab. 5.3.2.1.2-1: Die Länge der taktilen graphischen Variablen

Die neuen zwei- bzw. drei-dimensionalen visuellen syntaktisch-dynamischen Variablen der Multimediakartographie, die unter anderem von DRANSCH (1995), BUZIEK (1995) oder MACEACHREN (1995) untersucht worden sind, dienen zum Großteil der dynamischen Darstellung des zwei- bzw. dreidimensionalen Modellraumes (z.B. kartographische Animationen auf dem Bildschirmen) und haben für die taktilen Kartographie keine Bedeutung. Welchen Stellenwert die Ton- bzw. Klangvariablen für die taktilen Kartographie einnehmen, soll in Kapitel 5.3.2.6 „Zusätzliche Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien im Symbolsystem“ untersucht werden.

<sup>23</sup> Die Länge der (taktilen) graphischen Variablen ist die Anzahl der Werte, die mit ihrer Hilfe sowohl lesbar als auch noch voneinander differenzierbar dargestellt werden können.

### 5.3.2.1.3 Semantische Dimensionen der graphischen Gestaltung

Die semantischen Dimensionen der graphischen Gestaltung erfordern die (logische) Zuordnung von einheitlich strukturierten Zeichen zu einheitlich strukturierten Daten. Dabei werden noch keine Ausrichtungen von Karten auf spezifische Funktionen berücksichtigt.

#### A) Objektmerkmale und Darstellungsmethoden

Die Objektmerkmale des Darstellungsgegenstandes stellen die primäre Determinante<sup>24</sup> der Struktur taktiler kartographischer Medien dar (vgl. Kap. 6.1.1). So sollen im folgenden Abschnitt die bestehenden Abhängigkeiten von georäumlichen Objekten und ihrer graphischen Struktur dargelegt werden. Die visuell-kartographische Darstellung eines Objektes setzt sich aus Angaben über seinen räumlichen, sachlichen und zeitlichen Bezug zusammen. Auch die taktil-kartographische Beschreibung eines Objektes besteht im Allgemeinen aus Angaben über seinen räumlichen, sachlichen und zeitlichen Bezug. Daher erfordert die kartographische Darstellung (thematischer) Sachverhalte die bestmögliche Kopplung der Objektmerkmale mit den Möglichkeiten des taktilen kartographischen Ausdrucks.

Bei der inhaltlichen Zuordnung von Kartenzeichen sowie deren Datenfestlegung nach dem Skalierungsniveau<sup>25</sup> spielen die taktilen graphischen Variablen und deren dissoziative bzw. assoziative Wirkungen eine wesentliche Rolle. Um die taktilen graphischen Variablen optimal miteinander zu kombinieren und entsprechende kartographische Darstellungsmethoden richtig anwenden zu können, muss die Beschaffenheit der darzustellenden Daten (qualitativ, ordnend, quantitativ) im Vorfeld genau geprüft werden.

Im folgenden Absatz sollen kartographische Gestaltungsmittel, die man in taktilen thematischen Karten zur Datenpräsentation von konkreten Gegenständen und abstrakten Sachverhalten benötigt, näher untersucht werden, wobei die folgenden Ausführungen nach den Objektmerkmalen (Sachbezug [*Semantische Information*], Raumbezug [*Geometrische Information*], zeitlicher Bezug) gegliedert sind.

#### 1. Sachbezug

Dieses Merkmal beschreibt die begriffliche Grundbedeutung eines Objektes in Bezug auf seine Qualität (Art) und seine damit verbundene Quantität (Menge). Im Folgenden sollen die Eignung der taktilen graphischen Variablen und der kartographischen Darstellungsmethoden für eine sachgerechte Abbildung qualitativer und quantitativer Daten in taktilen Karten beschrieben werden.

In **qualitativen Darstellungen** werden Verteilungen oder Verbreitungen von Merkmalen, Sachverhalten oder Erscheinungen ohne Angabe von Größen, Mengen, Werten oder Anteilen kartographisch wiedergegeben (GROBER 2002, LdKG, Stichwort: qualitative Darstellung, Bd. 2, S. 345). Zur Darstellung von qualitativen Werten eignet sich die **Nominalskala**<sup>26</sup>. In taktilen kartographischen Darstellungen können nominalskalierte Geodaten durch unterschiedliche Formen, Oberflächenstrukturen und/oder Höhenebenen qualitativ wahrnehmbar abgebildet werden, wobei alle drei Variablen eine gute trennende Wirkung aufweisen.

Im Großteil der bereits erstellten taktilen thematischen Karten werden Informationen der Nominalskala präsentiert. Hier lassen sich Themen aus dem Wirtschafts- und Sozialbereich

<sup>24</sup> Der Begriff Determinante wird hier und im Folgenden mit der Bedeutung: „Bedingungen bzw. Faktoren, die einen Prozess oder ein Geschehen (z.B. eine Entwicklung) bestimmen“ verwendet (HÄCKER & STAFF 2004, S. 196).

<sup>25</sup> Auf der Grundlage des kartographischen Datenmodells sowie des kartographischen Zeichenmodells bildet das **Skalierungsniveau** mit Hilfe der graphischen Variablen die datenlogische Basis für die strukturelle Referenzierung von Geodaten und Kartenzeichen. Die jeweiligen Beziehungsmerkmale und Beziehungseigenschaften von den Skalenwerten des jeweiligen Skalenniveaus werden dabei durch „strukturell entsprechende Beziehungsmerkmale und -Eigenschaften von Zeichen repräsentiert“ (TAINZ 2002, LdKG, Stichwort: Skalierungsniveau, Bd. 2, S. 330).

<sup>26</sup> Die **Nominalskala** (Kategorieskala) ist die Messskala mit dem niedrigsten Niveau. Sie erbringt Aussagen darüber, ob ein bestimmtes Merkmal in einem Gebiet vorhanden ist oder nicht und ermöglicht kartographisch nur eine qualitative Angabe. Die Skala besteht aus einer willkürlichen, nicht eindeutigen Reihenfolge von Merkmalsgruppen (z.B. Wald, Wiese) (WITT 1970).

(z.B. Sprachverteilungen, Konfessionen, Berufe) und aus der natürlichen Umwelt (z.B. Klimazonen, Vegetationszonen, landwirtschaftliche Nutzung, Geologie, Bodenschätze) darstellen. Zur Datenpräsentation werden die kartographischen Darstellungsmethoden: Methode der Positionssignaturen, der Linearsignaturen, der qualitativen Flächenfüllung (Flächenmittelwertmethode) und die Arealmethode angewendet.

**Quantitative** kartographische **Darstellungen** stellen Merkmale, Sachverhalte oder Erscheinungen nach ihren größen-, mengen-, wertmäßigen oder ihrer relativen Ausprägungen dar und beantworten die Frage: "Wie viel bzw. welche Dichte ist wo?". Die Daten lassen sich in taktilen Karten nur ordinal skaliert darstellen.

Die **Ordinalskala**<sup>27</sup> ermöglicht die Darstellung geordneter Qualitäten. Ordinalskalierte Geodaten lassen sich in taktilen Karten durch die unterschiedliche Größe der Zeichen oder durch unterschiedliche Zeichen- bzw. Liniendichten geordnet wahrnehmbar darstellen. Die taktil graphische Variable Größe kann auf punktförmige sowie linienförmige Kartenzeichen angewendet werden, um eine ordnende Wirkung zu erzeugen. Da die Größe von allen Variablen über die beste ordnende Wirkung verfügt, täuscht sie in geordneten Skalen ein höheres Niveau (Größenverhältnisse) vor. Bei flächenhaften Zeichen muss die ordnende Wirkung mit Hilfe der taktilen Subvariablen Dichtewert als Intensitätswert der Oberflächenstruktur veranschaulicht werden. Gleichzeitig kann mit der taktilen Variablen Höhe variiert werden, um die ordnende Wirkung zu verstärken.

In taktilen thematischen Karten wurden ordinalskalierte Daten bisher hauptsächlich zur Präsentation von Bevölkerungsdichten oder den Jahressummen des Niederschlages in drei bis vier Klassenstufen genutzt. Zur Präsentation von ordinalskalierten Daten eignen sich kartographische Darstellungsmethoden wie die Methode der Positionssignaturen als Mengensignaturen, die Punktmethode oder die Methode des Flächenkartogramms.

Die Präsentation von **intervall-, ratio- und metrisch skalierten**<sup>28</sup> Daten können in traditionellen taktilen kartographischen Anwendungen nicht realisiert werden. Eine exakte Stufenbildung bzw. die fließend ineinander übergehenden Größen unterschiedlicher punkt- und linienförmiger Kartenzeichen oder Diagramme lassen sich taktil nicht bzw. in nur sehr wenigen (groben) Stufen voneinander differenzieren. Eine sehr grobe Stufenbildung mit nur wenigen Stufen erzeugt wiederum nur eine ordnende Wirkung. Ob sich metrisch skalierte Geodaten zur Präsentation in traditionellen taktilen Karten grundsätzlich nicht eignen, wurde derzeit noch nicht untersucht. Gegenwärtig liegen keine taktilen Darstellungen mit metrisch skalierten Geodaten vor. Intervall- und ratioskalierte Absolutwertdarstellungen (z.B. Einwohnerzahlen) oder intervallskalierte Relativwertdarstellung (z.B. Bevölkerungsdichten als Einwohner/km<sup>2</sup>) könnten in taktilen kartographischen Medien nur in Kombination mit einer Audiokomponente zur Anwendung kommen.

<sup>27</sup> Die **Ordinalskala** (Rangskala) ermöglicht erste kartographische, wenn auch noch grobe, quantitative Aussagen. Zwischen den einzelnen Feldern bestehen bereits Relationen im Sinne von "größer als" und "kleiner als" oder "vor" und "nach". Das gestattet die Aufstellung einer festen Rangordnung bzw. geordneten Reihenfolge (z.B. nach dem Lebensalter) von Merkmalen. Daten der Ordinalskala verfügen über einen definierten Anfangspunkt und einem definierten Skalenabstand. Sie haben aber keinen definierten Endpunkt (WITT 1970).

<sup>28</sup> Die **Ratioskala** (Verhältnisskala) ist eine Intervallskala, die einen Anfangspunkt besitzt, der gleichzeitig auch der Skalennullpunkt ist. Auf diesen (absoluten) Nullpunkt beziehen sich alle Daten für das Merkmal, z.B. bei Temperaturangaben in Kelvin. Die Ratioskala ist eine monoton wachsende, nach oben offene Folge. Ihre Abstände sind mathematisch definiert. Es lassen sich z.B. Verhältnisse von Mengen, Gewichten und Längen abbilden.

Die **Intervallskala** ist nach oben und unten offen. Sie bildet eine monoton wachsende oder monoton abnehmende Folge. Ihre Skalenabstände sind mathematisch definiert und gleich (10%, 20%, 30%). Des Weiteren weist sie einen willkürlichen Nullpunkt auf, z.B. bei Temperaturangaben in °C. Mit Hilfe der Intervallskala lassen sich Temperaturdifferenzen und Temperaturmittelwerte abbilden.

Die **metrische Skala** ist die Messskala mit dem höchsten Informationsniveau, bei welcher der vollständige statistische Wert bekannt ist. Im Rahmen der kartographischen Darstellungsmöglichkeiten erlaubt sie eine exakte Stufenbildung. Das gilt sowohl für relative Werte (z.B. Prozentzahlen) als auch für absolute Werte (z.B. Anzahl der Einwohner oder Pendler einer Gemeinde). Diese Skala ermöglicht mathematisch-statistische Verfahren zur Klassenbildung. Die Ratioskala sowie die Intervallskala sind metrische Skalen (WITT 1970).

## 2. Raumbezug

Nach den Arten des Raumbezugs (die Information über Lage oder Position im Raum) wird zwischen den zwei Objektgruppen Diskreta und Kontinua differenziert, welche die Substanz eines Objektes verkörpern und geometrische Informationen enthalten. Für die Darstellung von Diskreta und Kontinua werden in taktilen Karten verschiedene kartographische Darstellungsmethoden unterschieden, die im Folgenden anhand von Beispielen dargelegt werden sollen.

### a) Diskreta

Diskreta<sup>29</sup> lassen sich nach allen Seiten gegen andere Objekte abgrenzen. Somit liegt die geometrische Information in der Beschreibung dieser Abgrenzung (Punkt, Linie, Fläche).

**Lokale Diskreta**<sup>30</sup> unterteilen sich in qualitative sowie quantitative lokale Diskreta und erfordern in taktilen Karten genau festgelegte Gestaltungskriterien<sup>31</sup>.

**Qualitative lokale Diskreta** präsentieren nominalskalierte Daten. Zu ihrer Darstellung kommt die **Methode der Positionssignaturen** zum Einsatz.

Mit Hilfe von geometrischen Positionssignaturen kann eine größere Anzahl lokaler Themen, wie z.B. Industriestandorte, Wetterstationen und historische Stätten, in Standortkarten oder historische Fundstätten in Fundortkarten taktil dargestellt werden. Die Objektqualität wird durch unterschiedliche Positionssignaturen beschrieben. Für die Gestaltung der Signaturen ist eine Variation der taktilen graphischen Variablen Form und Muster (Oberflächenstruktur bzw. Ausfüllung der Positionssignaturen) vorzunehmen, um gut differenzierbare, ertastbare Kartenzeichen zu erzeugen. Bei einem geeigneten Ausgabemedium können die taktilen Variablen Form und Muster zusätzlich mit der Höhe variiert werden.

Beziehungen zwischen den Objektqualitäten lassen sich in taktilen Karten mit geometrischen Signaturen, die eine logische graphische Gestaltung aufweisen, nur sehr bedingt darstellen und charakterisieren.

Hierarchische Stufungen von Qualitäten nach einem Oberbegriff, Mittelbegriff und Unterbegriff (z.B. Unterteilung von Wald nach Laub- und Mischwald usw.) können in taktilen Karten dargestellt werden, aber mit einer viel geringeren Anzahl von Abstufungen als bei visuellen Karten. Eine sehr geringe Anzahl an Abstufungen ist besonders dann notwendig, wenn die taktile Variable Höhe aufgrund des Ausgabemediums der Kartengestaltung nicht zur Verfügung stehen kann. Die Darstellung geordneter Folgen von Objektqualitäten (z.B. Autobahnen geplant, im Bau, fertig) ist mit den gleichen Einschränkungen möglich. Dagegen ist eine Kombination von gleichwertigen Qualitäten (z.B. Acker und Grünland) durch Überlagerung oder Mischung der Signaturen nicht möglich. Hier muss eine neue, eigenständige Signatur entworfen werden.

<sup>29</sup> Nach der Art ihrer räumlichen Ausdehnung lassen sich Diskreta in punktförmige, linienhafte und flächenhafte (Objektflächen, Verbreitungsflächen) Diskreta untergliedern. Ihre Wertunterschiede werden vorwiegend durch Zählung fassbar. Diskreta lassen sich nach allen Seiten gegen andere Objekte abgrenzen. Die geometrische Information liegt dabei in der Beschreibung dieser Abgrenzung (Punkt, Linie, Fläche). Bei Flächenkartenzeichen wird die Geometrie der Abgrenzung (Kontur), bei Positionssignaturen die Lage des Mittelpunkts und bei Linearsignaturen die Mittellinie (Achse) beschrieben (HAKE, GRÜNREICH & MENG 2002).

<sup>30</sup> Objekte, deren Ausdehnungen so gering sind, dass sie im Kartenmaßstab nicht mehr im Grundriss dargestellt werden können, werden als lokale Diskreta bezeichnet. Sie erscheinen als lagetreue, lokale, punktförmige Objekte, sind statisch und unterscheiden sich in ihrer Qualität oder Quantität (Hake, Grünreich & Meng 2002).

<sup>31</sup> Bei einer geforderten Höhe von mindestens 0,8 mm sollten einzelstehende Kartenzeichen eine Kantenlänge oder einen Durchmesser aufweisen, der 5 mm nicht unterschreitet. Der Abstand zwischen Punktssignaturen und Linearsignaturen bzw. Flächenmustern sowie der Abstand zwischen Punktssignaturen untereinander sollte mindestens 4 mm betragen. Ähnliche Punktssignaturen müssen sich in ihrer Größe um mindestens 30% voneinander unterscheiden. Stellen Kartenzeichen gleiche oder ähnliche Sachverhalte dar, sollen sie sich in ihrer Größe nicht voneinander unterscheiden lassen. Signaturen mit gleicher oder ähnlicher Grundform können leicht zu Verwechslungen führen. Bildhafte Positionssignaturen eignen sich nicht als Gestaltungselement in taktilen Karten (BEYER 1995).

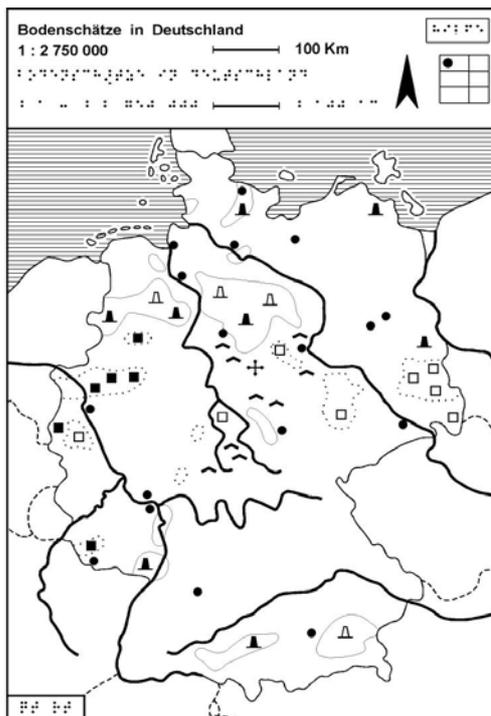


Abb. 5.3.2.1.3-1: Die Bodenschätze in Deutschland von GEIGER (2001), Darstellung qualitativer lokaler Diskreta mit Hilfe der Methode der Positionssignaturen



Abb. 5.3.2.1.3-2: Die Industriezweige in Niederösterreich vom BBI (Wien), Darstellung qualitativer lokaler Diskreta mit Hilfe der Methode der Positionssignaturen

Neben qualitativen lokalen Diskreta können in taktilen thematischen Karten auch **quantitative lokale Diskreta** (Größen, Mengen) dargestellt werden.

Die **Methode der Positionssignaturen** eignet sich neben der Präsentation von Nominaldaten auch zur Darstellung von Quantitäten (Ordinaldaten) in gestufter Form. Die Quantitäten können sich in taktilen Karten sehr deutlich durch die Variation der taktilen Variablen Größe und Höhe ausdrücken lassen. Dafür müssen Wertegruppen gebildet werden, die in ihrer Anzahl eingeschränkt bleiben (optimal sind drei Wertegruppen) und so abgegrenzt sind, dass sie typische (Wert-) Bereiche kennzeichnen (z.B. klein, mittel und groß).

Die Darstellung von **quantitativen lokalen Diskreta** mit Hilfe von **Werteinheitssignaturen** scheint für taktile Karten nicht geeignet zu sein. Jede Signatur stellt eine konstante Werteeinheit dar, die in der Summe gleichgroßer einfacher geometrischer Kartenzeichen schnelle sowie sichere Vergleiche zulassen. In taktilen Karten müssen aber höhere Werteeinheiten gebildet werden als in visuellen Karten, da zum einen die Mindestgröße einer Werteeinheitssignatur um ein Vielfaches höher sein muss, um überhaupt als solche erkannt zu werden, und zum anderen viel weniger Signaturen dargestellt sein sollten, um ein genaues Auszählen zu garantieren. Auch die Lagetreue der Objekte geht durch den hohen Platzbedarf verloren. Des Weiteren kann es bei dicht beieinander liegenden Objekten leicht zu Überschneidungen kommen. Dennoch bietet sich eine Alternative an: Die Werteeinheitssignaturen aller Objekte könnten z.B. auf einem separaten Kartenblatt als thematische Beilage zu einer topographischen Karte beigefügt werden. Dies hat den Vorteil, dass zu einem taktilen Kartenblatt mehrere Thematiken parallel präsentiert werden können.

Der Einsatz von Werteeinheitssignaturen scheint für die Präsentation von **quantitativen flächenhaften Diskreta** geeigneter zu sein, vorausgesetzt, die Größe der jeweiligen Bezugsflächen lassen solch eine Darstellung zu. In zukünftigen Arbeiten könnten entsprechende Tests durchgeführt werden, um eine grundsätzliche Auskunft über Eignung und Nutzungsumfang von Werteeinheitssignaturen in taktilen Karten zu geben.

Quantitäten bei stetigen Darstellungen, die zu kontinuierlichen Veränderungen der Signaturgroße in Abhängigkeit von der Objektquantität führen, sind generell taktil nicht erfassbar.

Die **Punktmethode** eignet sich nur sehr bedingt zur Wiedergabe von typischen Objektverteilungen in taktilen Karten. Wenn einzelne Objekte aufgrund einer hohen Objektdichte nicht mehr einzeln darstellbar sind, wird ein Punkt zur Werteinheit, der für eine bestimmte Menge von Personen, Tieren oder Maschinen steht. Diese Punkte lassen sich in taktilen Karten möglicherweise kaum auszählen. Treten sie zu dicht auf, können sie nicht mehr als einzelne Kartenzeichen erfasst werden und vermitteln den Eindruck eines Flächenmusters. Die Angabe eines genauen auszählbaren Mengenwertes ist demzufolge nicht möglich. Die Karte könnte lediglich einen groben Überblick über den Grad der Verteilung eines bestimmten Objektes in einem geographischen Raum bieten. Zudem kann in diesen taktilen Karten jeweils nur eine Objektverteilung dargestellt werden, da durch unterschiedliche Objektformen und Objekthöhen die Karte stark überlastet und damit unübersichtlich wird.

Die **Methode der Diagrammsignaturen** eignet sich nicht, um sachlich aufgegliederte Objektquantitäten (z.B. Bevölkerung nach Berufen) oder Objektquantitäten in zeitlicher Entwicklung (z.B. Veränderung der Einwohnerzahlen) in einer tastbaren Karte darzustellen. Steht jedoch die Variable Höhe zur Kombination mit den anderen taktilen graphischen Variablen dem kartographischen Gestaltungsspielraum zur Verfügung, wären sehr einfache Balken- oder Kreissektorendiagramme mit nur wenigen Wertegruppen (jede Objektqualität: anderes Muster, jede Quantität: andere Höhenstufe) ab einer bestimmten Darstellungsgröße wahrscheinlich geeignet, um sehr einfache quantitative Werte taktil darzustellen, die von sehbehinderten und blinden Nutzern wahrgenommen, interpretiert und ausgewertet werden können. Aufgrund der sehr hohen Mindestgröße solcher Diagrammsignaturen, die oftmals um ein Vielfaches größer ausfallen würden, als ihre eigentliche Bezugsfläche, wird ihre richtige Positionierung auf dem Kartenblatt nahezu unmöglich.

Diagramme könnten alternativ auf einem Beiblatt, in einer für ihre richtige Interpretation geeigneten Darstellungsgröße, dargeboten werden, während eine einfache Positionssignatur auf dem Kartenblatt einen Verweis auf das entsprechende Diagramm (z.B. durch eine laufende Nummer oder einen Buchstaben) enthält.

Um genaue Auskunft über die tatsächliche Eignung der beschriebenen Methode der Diagrammsignaturen zur Präsentation von Objektquantitäten in taktilen Karten zu erhalten, müssten zukünftig Tests mit blinden und sehbehinderten Menschen durchgeführt werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Vermittlung von sachlich aufgegliederten oder sich in zeitlicher Entwicklung befindlichen Objektquantitäten stellt der audio-taktile Dialog dar, der in mehreren akustischen Informationsebenen sowohl qualitative als auch quantitative Auskünfte zum jeweiligen Objekt bereit halten kann.

**Qualitative lineare Diskreta** lassen sich mit der **Methode der Linearsignaturen** darstellen. Das ist die am häufigsten angewandte kartographische Darstellungsmethode in den bisher erschienenen Blindenkarten. In zahlreichen topographischen Übersichtskarten sowie Stadt-, Mobilitäts- und Orientierungsplänen wurde die Lage (Lagetreue bis Grundrissähnlichkeit) topographischer Elemente (z.B. Flüsse, Straßen, Eisenbahnlinien und Grenzen) mit Hilfe von linearen Signaturen angegeben.



Abb. 5.3.2.1.3-3: audio-taktile Stadtplan von Dresden von HEINRICH (2003), Darstellung qualitativer linearer Diskreta mit Hilfe der Methode der Linearsignaturen

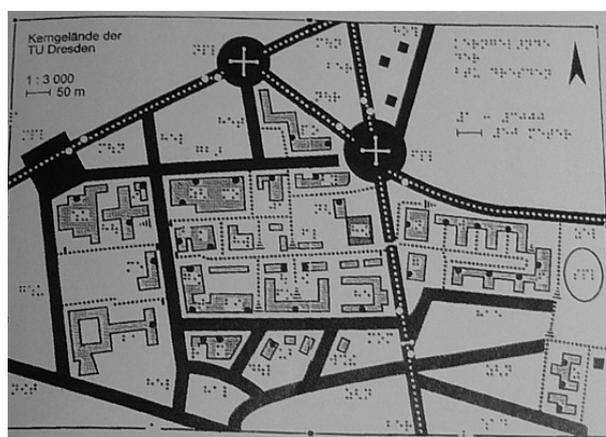


Abb. 5.3.2.1.3-4: Stadtplan Dresden von KINZEL (1995), Darstellung qualitativer linearer Diskreta mit Hilfe der Methode der Linearsignaturen

In thematischen Karten lassen sich mit Hilfe von Linearsignaturen Objektqualitäten (Nominaldaten) wie Erdölleitungen, Erdgasleitungen oder Hochspannungsleitungen darstellen. Lineare Signaturen können in taktilen Karten durch die Variation der graphischen Variablen Größe (Breite), Form und Muster (Oberflächenstruktur) qualitative Differenzierungen erzeugen. Die so geschaffenen unterschiedlichen Linienstärken, die glatten oder rauen Ränder, die regelmäßigen und unregelmäßigen Unterbrechungen oder die unterschiedlichen Kombinationen der Elementarteilchen Punkt und Linie (Strich) lassen sich gut voneinander differenzieren<sup>32</sup>. Bei einem geeigneten Ausgabemedium kann zusätzlich mit der taktilen Variablen Höhe variiert werden.

Die **Methode der Linearsignaturen** eignet sich auch zur Darstellung von **quantitativen linearen Diskreta** (Ordinaldaten) in gestufter Form. Die Quantitäten könnten sich durch verschiedene Linienstärken ausdrücken lassen. Die taktilen Variable Größe (hier in Form von Breite) kann zusätzlich mit den Variablen Form, Muster und/oder Höhe variiert werden. Wie bei den quantitativen lokalen Diskreta müssen Wertegruppen mit typischen (Werte-) Bereichen gebildet werden (z.B. klein, mittel und groß), die in ihrer Anzahl stark eingeschränkt bleiben.

Bei der Präsentation von flächenhaften Nominaldaten in tastbaren Abbildungen sollte generell auf eine zusätzliche Aufnahme von weiteren lokalen oder linearen Themen in die Darstellung verzichtet werden, um die Karte nicht zu überlasten und damit ihre Lesbarkeit herabzusetzen. Zur Darstellung von flächenhaften Themen in taktilen thematischen Karten eignen sich mehrere kartographische Darstellungsmethoden, die im Folgenden beschrieben werden.

Die Darstellung von **qualitativen flächenhaften Diskreta** stellt den Hauptfall taktiler qualitativer Karten dar. Wie in visuellen Karten werden konkrete Gegenstände (z.B. geologische Strukturen) und abstrakte Sachverhalte (z.B. Verwaltungsgebiete) in ihrem absoluten Vorkommen dargestellt.

Bei der Präsentation von relativen Vorkommen in Verbreitungskarten (z.B. Konfessionen) treten die Objekte selbst nicht auf. Es werden nur die Flächen veranschaulicht, über die sie sich verbreiten. Die hier anzuwendende kartographische Darstellungsmethode ist die **Flächenmittelwertmethode** (Methode der qualitativen Flächenfüllung). Alle Teilflächen bilden ein geschlossenes Mosaik. In tastbaren Karten eignen sich geometrische Flächensignaturen zur Darstellung von flächenhaften Objekten. Sie können in ihrer Form, ihrem Muster (Oberflächenstruktur) und z.T. auch in ihrer Höhe miteinander variiert werden.

Unterschiedliche Flächensignaturen<sup>33</sup>, die direkt aneinander grenzen, benötigen keinen Abstand, da ihre Unterscheidbarkeit durch die verschiedenen Flächenmuster gewährleistet wird. Diese Flächen müssen dennoch mit einer Kontur begrenzt sein, damit sie nicht inein-

<sup>32</sup> Sollen sich Linien nur durch ihre Strichbreite voneinander unterscheiden, muss die Differenz der Strichstärken mindestens 25 % betragen. Damit Doppellinien bzw. punktierte Linien als einzelne Zeichen erkannt werden können, müssen ihre Abstände geringer sein als die Abstände zu separaten Kartenzeichen. Um dem Risiko einer Verwechslung mit einer Doppellinie vorzubeugen, sollen angrenzende Linien einen Abstand von mindestens 6 mm haben. Kreuzen sich zwei Linien so, dass die eine ihren Verlauf unterbrechen muss, soll die weniger deutliche Linie fortgeführt werden. Führen Linearsignaturen durch strukturiertes Gebiet, verringert sich die Effektivität der Linienverfolgung drastisch, wenn kein deutlicher Abstand zwischen Linie und Flächensymbol eingehalten wird (BRAMBRING & LAUFENBERG 1979). Unregelmäßige Linienverläufe sind schwer zu verfolgen, besonders wenn sie unterbrochen sind. Erhöhte Linien sollten den vertieften Linien vorgezogen werden. Schwache Kurven bleiben leicht unbeachtet. Der Linienabstand in Kurven darf nicht kleiner als 3 mm werden. Für Wegdarstellungen sind einfache Linien am besten geeignet. Wie bei visuellen Karten müssen Linien bei der Generalisierung ihre charakteristische Form beibehalten.

<sup>33</sup> Bei der Erstellung der Flächensignaturen muss beachtet werden, dass Kartenzeichen, die sich optisch gut voneinander unterscheiden lassen, als adaptierte taktile Kartenzeichen aufgrund der geringen Auflösung der Fingerspitzen zu Unterscheidungsproblemen führen können. Des Weiteren ist die haptische Qualität der Signaturen abhängig vom Ausgabemedium und damit auch vom Herstellungsverfahren. Die im Thermo-Vakuum-Verfahren erzeugten Flächensignaturen auf PVC-Folien können gut voneinander differenzierbar sein, während sie auf Schwellpapier zu Verwechslungen führen können oder aufgrund der fehlenden taktilen Variable Höhe gar nicht erst erstellbar sind. Im Allgemeinen stellt die unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit (glatt/rauh) ein leicht zu diskriminierendes Merkmal dar.

ander überlaufen. Gebiete mit gemischten Qualitäten können in taktilen Karten nicht durch Verzahnung oder Überlappung der Gestaltungsmittel dargestellt werden. Sie sollten als so genannte Mischgebiete abgegrenzt und durch eine eigene Flächensignatur taktil wahrnehmbar sein. Bildhafte (ikonische) Flächensignaturen eignen sich nicht zur Wiedergabe von qualitativen flächenhaften Diskreta.

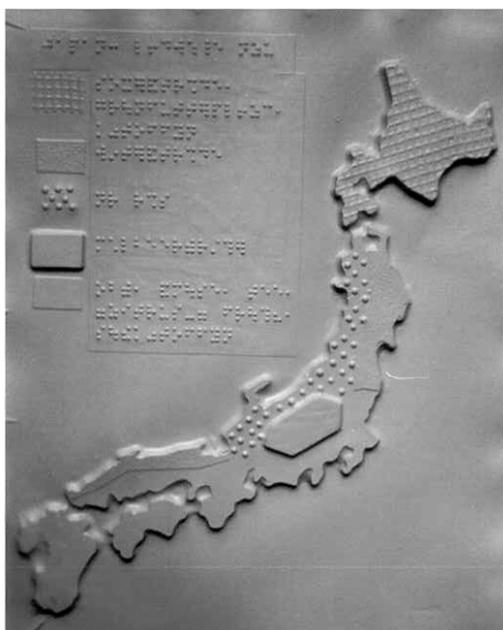


Abb. 5.3.2.1.3-5: Japan – Landwirtschaftliche Nutzung (blista), Darstellung qualitativer flächenhafter Diskreta mit Hilfe der Flächenmittelwertmethode.



Abb. 5.3.2.1.3-6: Brasilien Wirtschaftskarte (e.V. Hamburg), Darstellung qualitativer flächenhafter Diskreta mit Hilfe der Arealmethode

Um qualitative Merkmale von isolierten Flächenobjekten in taktilen Karten grundrisslich darzustellen, wird die **Arealmethode** verwendet. Im Gegensatz zu visuellen Karten sollten hier keine verschwommenen oder angedeuteten Abgrenzungen vorgenommen werden. Alle Flächensignaturen der dargestellten Areale müssen von einer Kontur deutlich umgrenzt werden.

Die Vielfalt und Dichte der für den Sehenden bestimmten Detailinformationen ist auf ein für das Tast- und Wahrnehmungsvermögen eines Sehbehinderten geeignetes Maß zu reduzieren. Anstelle der Darstellung von mehreren kleinen Objekten (z.B. archäologische Fundstätten) mit Hilfe von lokalen, lagerichtigen Signaturen bietet sich besonders für taktilen Karten deren flächenhafte Präsentation in Form von Pseudo-Arealen an, weil nur eine einzige Flächensignatur wahrgenommen und richtig erkannt werden muss. Auch bedürfen mehrere punktförmige Signaturen, die zusammen auf einem Areal präsentiert werden, einer Mindestgröße, um richtig identifiziert und einen Mindestabstand, um noch als ein einzelnes Kartenzeichen wahrgenommen werden zu können. Auf einer kleinen Ausbreitungsfläche kann es demzufolge schnell zu Verwechslungen kommen. Diesen möglichen Quellen für Fehlinterpretationen kann mit der Darstellung von Verbreitungen der Objekte in Pseudo-Arealen entgegengewirkt werden. Ein Mindestabstand von 2 mm zwischen zwei Flächen sollte unbedingt eingehalten werden.

**Quantitative flächenhafte Diskreta** ergeben sich aus der Zuordnung von statistischen Werten zu bestimmten Bezugsflächen. Die Darstellungsmöglichkeiten sowie der Präsentationsumfang (z.B. Zahlenwerte pro Bezugsfläche, Wertegruppen) sind in taktilen Karten, gegenüber den visuellen Karten, grundsätzlich stark eingeschränkt. Zusätzlich muss sich der topographische Kartengrund zielgerichtet auf nur wenige, aber konkrete Angaben (z.B. wichtige Städte, Gewässer), die der Orientierung auf dem Kartenblatt dienen, beschränken.

Ungegliederte flächenbezogene Quantitäten stellen nur einen einzigen Zahlenwert pro Bezugsfläche dar. Deshalb eignen sie sich zur Präsentation in taktilen Karten und können mit der **Flächenkartogramm-Methode** gut dargestellt werden. Statistische Werte, die sich auf

eine Bezugsfläche beziehen, werden in Wertegruppen zusammengefasst, flächendeckend eingetragen und als Dichtewerte dargestellt.

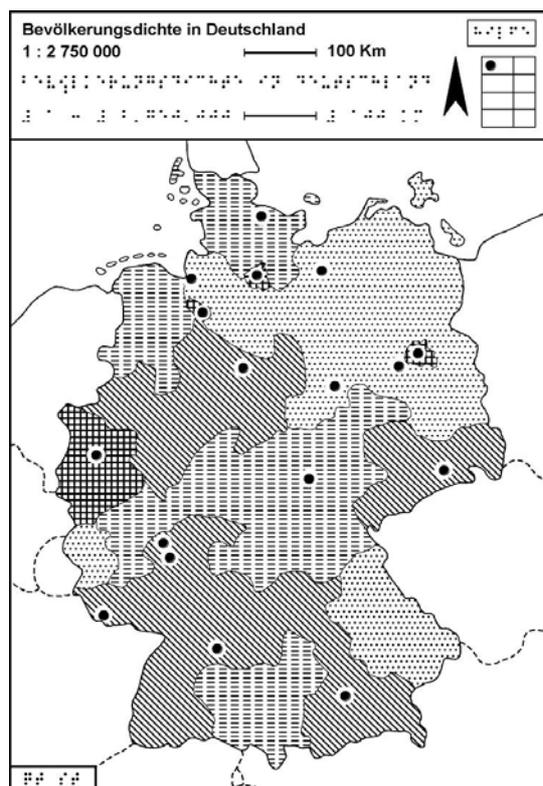


Abb. 5.3.2.1.3-7: Darstellung quantitativer flächenhafter Diskreta mit Hilfe der Flächenkartogramm-Methode (auf Schwellpapier), Deutschland Bevölkerungsdichte von GEIGER (2001)

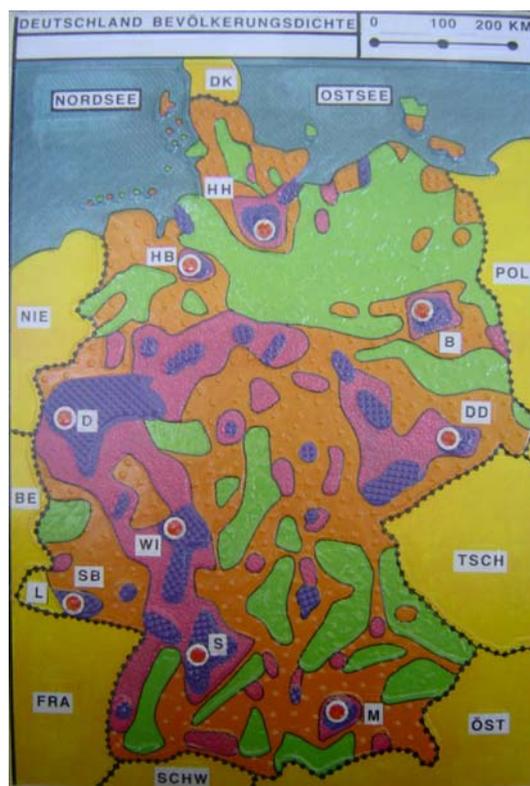


Abb. 5.3.2.1.3-8: Darstellung quantitativer flächenhafter Diskreta mit Hilfe der Flächenkartogramm-Methode (auf PVC-Folie), Deutschland Bevölkerungsdichte (e.V. Hamburg)

Die Flächensignaturen können mit den taktilen graphischen Variablen Form und Dichtewert als Intensität der Oberflächenstruktur in Form von verschiedenen Linien- bzw. Zeichenabständen (vgl. Abb. 5.3.2.1.3-7) oder aber mit dem Muster (Oberflächenstruktur) und dem Dichtewert als Intensität der Oberflächenstruktur in Form von unterschiedlich stark strukturierten Oberflächen (vgl. Abb. 5.3.2.1.3-8) variiert werden, um eine Intensitätsskala mit taktil erfassbaren Dichtewerten zu erzeugen. Zusätzlich kann mit der Variablen Höhe variiert werden.

In taktilen Karten können grundsätzlich nicht so viele Wertegruppen gebildet werden wie in visuellen Karten, da die Anzahl der zur Verfügung stehenden noch voneinander diskriminierbaren Flächenmuster eingeschränkt ist. Die meisten taktilen Karten weisen zwischen drei und vier Wertegruppen auf. Wird die Karte in Verbindung mit einem audio-taktilen Dialogsystem genutzt, können bis zu sechs Wertegruppen gut voneinander unterschieden werden. Die Übermittlung von zusätzlichen Absolutwerten lassen sich mit Hilfe eines audio-taktilen Dialogsystems während des audio-taktilen Dialoges in mehreren Informationsebenen ergänzend realisieren.

Gegliederte flächenbezogene Quantitäten, bei denen sich die für eine Bezugsfläche gültigen Zahlenwerte sachlich nach Einzelmerkmalen bzw. nach zeitlicher Entwicklung aufgliedern, eignen sich nicht zur Präsentation in taktilen Karten.

Weiterhin sind auch Darstellungen, bei denen die Absolutangaben die Größe der Bezugsflächen bestimmen, nicht zur Informationspräsentation in taktilen Karten geeignet, da sie keinen geometrischen, sondern einen sachbezogenen Maßstab besitzen. Blinde und sehbehinderte Kartennutzer können sich nicht an bekannten topographischen Punkten (Bezugspunkten) orientieren. Reale Größenvergleiche sowie eine gedankliche Einordnungen in den geographischen Raum sind nicht möglich. Diese Form der Präsentation von quantitativen flächenhaften Diskreta ist für blinde und sehbehinderte Kartennutzer zu abstrakt.

## b) Kontinua

Kontinua<sup>34</sup> lassen sich nur auf Grund ihrer unterschiedlichen Werte (Dichte, Intensität) an räumlich verteilten Messpunkten darstellen.

Die **Isolinien-Methode mit Flächenfüllungen** (Schichtenfüllung) zwischen den benachbarten Isolinien eignet sich in taktilen Karten nur bedingt zur Präsentation eines Kontinuum. Im Thermo-Vakuum-Verfahren erstellte Karten erlauben eine Darstellung von Kontinua, wenn die Intervallwerte so ausgewählt sind, dass die Horizontalabstände benachbarter Isolinien groß genug sind, um problemlos voneinander differenziert werden zu können. Dabei bekommt jede Wertestufe eine eigene Höhenstufe zugeordnet. So können bis zu acht Wertestufen dargestellt werden, wobei jeder Stufe zusätzlich zur Höhe eine eigene Textur zugewiesen werden kann, um eine bessere Wahrnehmbarkeit zu garantieren.

Die Intervallwerte müssen in taktilen Karten generell größer sein als in visuellen Karten. Des Weiteren muss die Linienführung stark vereinfacht werden. Durch geeignete Flächensignaturen sowie unterschiedliche Höhen entsteht ein stufenförmiger Eindruck. Dieser widerspricht dem Stetigkeitsprinzip eines Kontinuums. Durch den Einsatz der taktilen Variablen Höhe kann die Werteverteilung im Kontinuum trotzdem erkennbar gemacht werden. Der Darstellungscharakter ist ordinal. Der Aussagewert gegenüber visuellen Karten wird erheblich gemindert. Dennoch kann blinden und sehbehinderten Menschen ein Kontinuum, wie z.B. der mittlere Jahresniederschlag, in einer taktilen Karte veranschaulicht werden.

Taktile Karten auf Schwellpapier eignen sich nicht zur Darstellung von Kontinua, da nur wenige gut differenzierbare Flächenmuster der graphischen Gestaltung zur Verfügung stehen und die Intervallwerte noch größer gewählt werden müssten. Des Weiteren kann ohne die taktile Variable Höhe eine Werteverteilung im Kontinuum kaum erkennbar gemacht werden.

Eine Präsentation von reinen Isolinien, die benachbarte Punkte gleicher Werte miteinander verbinden, eignet sich generell nicht zur Veranschaulichung von Kontinua in taktilen Karten. Blinde oder sehbehinderte Kartennutzer sind in der Lage, den Verlauf von einzelnen Linien, die sich z.B. in ihrer Linienstärke oder Linearsignatur voneinander unterscheiden, in der Karte zu verfolgen. Das reicht aber nicht aus, um eine räumliche Gesamtvorstellung von dem auf der Karte präsentierten Kontinuum zu erhalten.

Die Darstellung von Messpunkten mit Daten (z.B. von Wetterstationen) ist für die Informationsübermittlung in taktilen Karten ebenfalls ungeeignet. Einfache Wertefelder enthalten keine prägnanten und kontrastreichen Merkmale. Ohne den Sehsinn ist das Orientieren auf einem Kartenblatt, das "nur" eine Anordnung von vielen Punktsignaturen mit dazugehörigen Zahlenangaben enthält, unmöglich.

---

<sup>34</sup> Kontinua sind räumlich oder flächenhaft unbegrenzt, von lückenlos stetigem Verlauf, gehören vorwiegend dem Naturbereich an und führen zu einer grundrissähnlichen oder lagetreuen Darstellung. Die geometrischen Informationen bestehen in Lageangaben für Zahlenwerte, die sich von Ort zu Ort kontinuierlich ändern (Wertefelder). Dabei wird das gesamte Kartenblatt in Anspruch genommen, so dass in taktilen Karten die Wiedergabe von nur einem Kontinuum möglich ist. Konstante Intervallwerte (Äquidistanzen) geben die beste Übersicht über Wertverteilungen im Kontinuum wieder, lassen sich aber nur schwer realisieren. Bei der Generalisierung müssen typische Aussagen erhalten bleiben oder betont werden (HAKE, GRÜNREICH & MENG 2002).

### 3. Zeitlicher Bezug

Temporale Informationen präsentieren einen zeitlichen Entwicklungszustand und lassen sich in statischen oder dynamischen Karten darstellen. Statische Karten sind Bestands- oder Zustandskarten und beschreiben das Ergebnis einer Bestandsaufnahme zu einem bestimmten Zeitpunkt, die kartographische Darstellung hat dabei den Charakter einer Momentaufnahme. Hierzu zählen die meisten thematischen Karten. In dynamischen Karten wird die Gesamtveränderung der Objekte (wie z.B. Vogelflüge, Transporte) oder eine raumzeitliche Veränderungen von Objektbegrenzungen (wie z.B. eine Stadtentwicklung) wiedergegeben (HAKE, GRÜNREICH & MENG 2002). Die räumliche Veränderung der Objekte kann kurzfristig oder langfristig erfolgen.

Um in taktilen thematischen Karten einfache Ortsveränderungen, die sich auf natürliche oder gesellschaftliche Erscheinungen beziehen und die die Bewegung des gesamten Objektes angeben, darstellen zu können, eignet sich die **Vektorenmethode** (Methode der Bewegungslinien). Mit den Bewegungslinien können dynamische, meist kurzfristige punktförmige (z.B. Bewegung eines Schiffes), linienhafte (z.B. militärische Operationen wie die Verlagerung von Fronten), verstreute (z.B. Wanderungen von Herden, Vogelflüge) oder zusammenhängende Veränderungen (z.B. Strömungen in Gewässern) beschrieben werden, ohne dass das Objekt selbst dabei erscheint. Vektoren eignen sich in taktilen Karten nur für die Darstellung von Bewegungsrichtungen, wobei die Pfeilspitze die Bewegungsrichtung kennzeichnet. Sie vermitteln qualitative Aussagen (Nominaldaten). Quantitative Angaben (z.B. Strömungsgeschwindigkeiten) eignen sich nicht zur taktilen Darstellung.

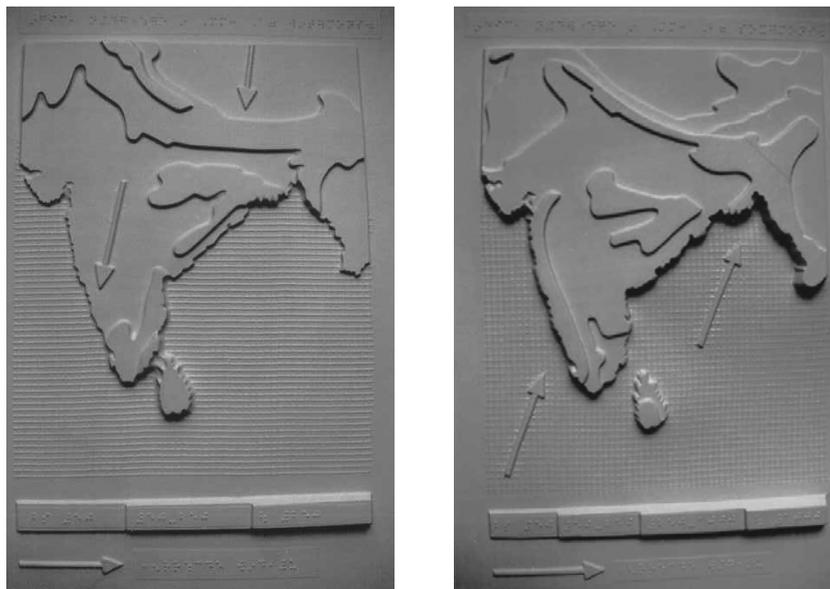


Abb. 5.3.2.1.3-9: Niederschläge in Indien (Winter- und Sommermonsun)  
(blista)

Räumliche Entwicklungen (Objektausdehnungen) zwischen zwei oder mehreren Zeitpunkten lassen sich als eine zwei oder mehrteilige taktile **Kartenserie** mit Angabe des jeweiligen Zeitpunktes (Jahr, Monat, Tag) im Kartentitel nebeneinander präsentieren. Langfristige Veränderungen, wie die raumzeitliche Entwicklung von Objektbegrenzungen (z.B. Siedlungen, politische Bereiche, Landnutzungen), beschreiben die Veränderungen eines Objektes nach seiner Gestalt. Um die Veränderungen von langfristigen Flächenabgrenzungen grundrissähnlich darstellen zu können, eignen sich die Gestaltungsmittel der flächenhaften Diskreta (z.B. Flächenmittelwertmethode, Arealmethode).

## B) Kartenschrift

Die Kartenschrift setzt sich aus Zeichen der verbalen Sprache zusammen, die andere (taktile) graphische Zeichen ergänzen oder z.T. vollständig ersetzen können und gehört dem Untersuchungsbereich der Semantik an. Eine Ausnahme bilden alle Untersuchungen der Kartenschrift, die sich auf rein graphische Schriftbilder bzw. Schrifteffekte (z.B. die Größe der Schwarz- und Braille-Schrift) beziehen und so zu den syntaktischen Aspekten der graphischen Gestaltung gehören.

Braille-Schrift besitzt in taktilen Karten keine geometrischen Aussagemöglichkeiten, gilt aber als wichtiges Element zur Erläuterung (Namen, Abkürzungen, Zahlen). Des Weiteren lassen sich mit Hilfe von Schwarz- und Braille-Schrift keine Qualitäten oder Quantitäten beschreiben. Die Kartenschrift selbst gilt im Sinne von PEIRCE als ein symbolisches Zeichen (vgl. Abs. D - Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen).

In einer taktilen Abbildung stellt Braille-Schrift, die waagrecht<sup>35</sup> angeordnet sein muss, ein zusätzlich zu ertastendes Objekt dar, welches die Komplexität der Abbildung vergrößert und somit die Schwelle der Erkennbarkeit senkt. Da Braille-Text eine Mindestgröße beansprucht, ist es oft schwierig, ihn in der taktilen Abbildung an die richtige Position<sup>36</sup> zum bezeichneten Objekt zu setzen. Dagegen hat eine textfreie taktile Abbildung den Vorteil, dass viel mehr graphische Objekte in ihr aufgenommen werden können, bevor die Grenze der noch zu diskriminierbaren Zeichendichte (Informationsdichte) erreicht ist.

In thematischen taktilen Karten kann die Braille-Schrift nicht als redundantes Gestaltungsmittel eingesetzt werden, um nominale oder einfache ordinal skalierte Daten zu präsentieren. Das Braille-Schriftsystem lässt sich weder in seiner Schriftart, im Schriftgrad<sup>37</sup> noch in seinem Schriftschnitt oder der Farbe variieren, um z.B. die unterschiedlichen Größenordnungen von Städten nach Einwohnerzahlen oder deren politische Bedeutung (z.B. Regierungssitze) zu präsentieren.

Schwarzschrift als Großschrift dient nicht der (graphischen) Gestaltung taktiler Karten, sondern tritt in Kombination mit der Braille-Schrift als redundante Informationskomponente auf. Die Großschrift wird dabei nicht in ihrer Schriftart, Schriftschnitt, Schriftgrad oder Farbe variiert und sollte zur besseren Wahrnehmung über keine Kapitälchen verfügen.

Es ist lediglich eine Unterscheidung nach dem jeweiligen Schriftsystem, wie z.B. lateinisch (deutsch, englisch) oder kyrillisch (russisch, bulgarisch), durchführbar.

In visuellen thematischen Karten wird Schrift oft als Positionssignatur (Buchstabenmethode) verwendet, um qualitative lokale Diskreta zu präsentieren. Für taktile Karten erscheint diese Methode, selbst für Abbildungen mit geringer Inhaltsdichte, als ungünstig. Zum einen bietet sich die Möglichkeit an, mehrere gut voneinander unterscheidbare, flächenmäßig kleinere Kartenzeichen zu erstellen. Zum anderen wären Blinde, die Braille-Schrift nicht lesen können, aus der ohnehin schon sehr kleinen Nutzergruppe von vornherein ausgegrenzt.

Zur Präsentation von lokalen und flächenhaften qualitativen oder einfachen quantitativen Sachverhalten sollte in taktilen Karten auf Schrift weitgehend verzichtet werden, da die Struktur der jeweiligen taktilen Positionssignatur oder Flächensignatur ein bestimmtes

<sup>35</sup> Ist eine waagerechte Anordnung nicht möglich, kann die Braille-Schrift am linken Kartenrand von unten nach oben, am rechten Kartenrand von oben nach unten verlaufen.

<sup>36</sup> Um Braille-Text in einer taktilen Abbildung an die richtige Position zum bezeichneten Objekt zu setzen, bieten sich mehrere Möglichkeiten an: 1. Anstelle des vollständigen Textes werden Braille-Marken gesetzt, die in einer Legende mit den vollen Texten zusammengefasst werden können. 2. Der Text kann in der Umgebung eines Kartenobjektes plaziert werden und mit Hilfe einer Pfeilspitze auf das bezeichnete Objekt weisen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dieser Pfeil ein zusätzlich zu ertastendes und zu erkennendes Element auf der taktilen Karte darstellt, der auch missverstanden und für einen Teil der eigentlichen Abbildung gehalten werden kann. 3. Auf einem Kartenblatt kann auf die Beschriftung verzichtet werden, wenn die Karte ein Suchgitternetz (Koordinatensystem) besitzt und sämtliche Koordinatenpositionen in einer Legende oder auf einem separaten Erläuterungsblatt erklärt werden. 4. Wird ein Führer durch die Abbildung erstellt, der in Braille gedruckt oder auf Band gesprochen wird, kann auf den Text in der Karte vollständig verzichtet werden. Erklärt ein Mensch oder ein Computer die Abbildung, kann der Text ebenfalls weggelassen werden.

<sup>37</sup> Eine Variation in der Braille-Schriftgröße wäre praktisch möglich. Das ist aber ungünstig, weil die Schrift schon in ihrer geforderten Mindestgröße, die zwischen 32 und 34 Punkt liegt, einen sehr hohen Platzbedarf beansprucht und bereits hier auf wichtige Inhaltselemente zu ihren Gunsten verzichtet werden muss. Ab einer Schriftgröße von über 42 Punkt ist die Braille-Schrift schon wieder schwer zu erkennen, weil sie größer ist als eine Fingerkuppe.

Merkmal eindeutig beschreibt. In einer Legende können die Kartenzeichen erklärt werden. Weiterführende Objektmerkmale können während eines audio-taktilen Dialoges selbständig erschlossen oder auf einem separaten Blatt zusätzlich noch detaillierter erläutert werden.

### **C) Standardisierung**

In den letzten zweieinhalb Jahrzehnten gab es viele Versuche mit der Zielstellung, tastbare Kartenzeichen und Tastmuster zu optimieren und zu standardisieren. Dabei wurden die verschiedensten Positions-, Linear- und Flächensignaturen hinsichtlich ihrer Identifizierbarkeit, Diskriminierbarkeit und ihres Wiedererkennungswertes untersucht. Bis heute hat sich aber kein standardisiertes System von Kartenzeichen durchgesetzt<sup>38</sup>. Zu den Argumenten, die sich für eine Standardisierung in der taktilen Kartographie aussprechen, zählt TATHAM (2001) die Möglichkeit, dass Fehler oder Fehlinterpretationen erheblich reduziert werden können, wenn sowohl das Design der Kartenzeichen als auch ihre Nutzung standardisiert sind. In der Praxis besteht aber ein erheblicher Unterschied zwischen der Möglichkeit, eine Standardisierung im Design taktiler Kartenzeichen bereitzustellen und der Schwierigkeit, diese standardisierten Symbole einheitlich zu nutzen. Ausgangspunkt für die erfolgreiche Entwicklung der Braille-Schrift oder Notenschrift war die Standardisierung der absoluten Dimension der erhabenen Punkte und ihr relativer Abstand zueinander. Diese Richtlinien können für die Standardisierung taktiler Kartenzeichen erweitert werden. Wo es möglich ist, können auch Variationen der dritten Dimension in die Standardisierung mit eingeschlossen werden. Nach TATHAM (2001) ist eine Normung der Gestaltungsregeln für taktile Kartenzeichen erreichbar, wogegen eine allgemeine Standardisierung zur Nutzung von taktilen Symbolen sich eher schwierig gestaltet: „The possibility of standardising the use of tactile symbols, which is what many non-cartographers mean by ‘standardisation’, is indeed largely a chimaera.“ Da viele taktile Karten nicht für den Massenmarkt, sondern eher für einzelne Individuen oder kleine Gruppen erstellt werden, sollten in der Zukunft die Bemühungen zur Standardisierung an die taktilen Fähigkeiten und an die Informationsanforderungen Einzelner angepasst werden.

### **D) Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen**

Die Untersuchung nach dem Bedeutungsinhalt der taktilen Kartenzeichen stellt einen weiteren Untersuchungsschwerpunkt innerhalb der semantischen Dimensionen der graphischen Gestaltung taktiler kartographischer Medien dar.

Die folgende Untersuchung der Beziehungen zwischen den einzelnen Objektmerkmalen und den taktilen graphischen Ausdrucksmitteln beziehen sich auf die Objektdimension der Zeichentypologie nach Ch.S. PEIRCE (1839-1914). Demnach kann sich ein Zeichen auf das Bezeichnete durch Ähnlichkeit (ikonischer Darstellungscharakter), durch Hinweis (indexikalischer Darstellungscharakter) oder durch eine beliebige Übereinkunft (symbolischer Darstellungscharakter) beziehen.

---

<sup>38</sup> Das verwendete Medium (z.B. Schwellpapier, PVC-Folien) und damit auch das Herstellungsverfahren beeinflussen die Auswahl des zu wählenden Mindestabstandes zwischen einzelnen Kartenobjekten, des einzusetzenden Tastmusters sowie die Gestaltungsmöglichkeiten von Signaturen. Die sich daraus ergebende Abhängigkeit von Herstellungstechnologie und Tastqualität trägt im Wesentlichen dazu bei, dass eine allgemeine Standardisierung von Signaturen für taktile Karten offenbar bis heute nicht zustande kommen konnte.

## 1. Ikonische Zeichen

Ein Ikon weist grundsätzlich Ähnlichkeiten mit seinem Objekt auf. Je weniger ikonisch ein Kartenzeichen ist, desto symbolischer<sup>39</sup> (abstrakter) ist es ausgeprägt.

Aufgrund eindeutiger visueller Beziehungen zwischen einzelnen Objektmerkmalen und den graphischen Ausdrucksmitteln, können Kartenzeichen Objekte bzw. Objektklassen so repräsentieren, dass sich der Gebrauch einer Legende erübrigt. Bei der Kartengestaltung ist die Wahl des Ikonizitätsgrades jedoch nicht beliebig! Vielmehr hängt er vom Merkmalscharakter der jeweiligen Objektklasse, von der Funktion der Darstellung und der Erfahrung der Kartennutzer ab.

Ein Kartenzeichen hat eine optimale **Ikonizität**, wenn es ein Maximum an Übereinstimmung zum abgebildeten Raum aufweist, was grundsätzlich nur in Annäherung erreicht werden kann. („The map is not the territory“ [KORZYBSKI 1933]) Generell ist die Ikonizität der visuellen Karten nie optimal, da jedes Zeichen eine Differenz zu seinem Objekt aufweist. Beispielsweise stimmen die Farben in Karten nicht mit der Realität überein und haben nur wenig oder gar keine Ähnlichkeit mit dem, was sie bezeichnen: Berge sind nicht braun, Felder nicht immer grün und Gewässer nicht grundsätzlich blau. Die Farbauswahl in Karten beruht auf Stereotypen. Ferner kann eine zweidimensionale Weltkarte nicht die sphärische Gestalt der Erde darstellen! „Jede Karte zeigt die Unvollständigkeit einer ikonischen Abbildung der Welt im zweidimensionalen Medium einer Karte“ (NÖTH 2000, S. 489/490). Weiterhin verfügbaren Ortschaften in Karten, die als einfache Punkte dargestellt sind, über keinerlei unmittelbarer Ähnlichkeit mit den bezeichneten geographischen Orten. Bei den aufgeführten Beispielen liegt eine andere Form der Ikonizität, die **diagrammatische Ikonizität**<sup>40</sup>, vor.

Taktile Karten können nicht annähernd den Grad der Ikonizität von visuellen Karten erreichen, da taktile Kartenzeichen nie selbsterklärend dem sehbehinderten Kartenbenutzer präsentiert werden können.

Die Empfindung der (diagrammatischen) Ikonizität bezüglich visueller oder taktiler Kartenzeichen ist ferner abhängig vom jeweiligen Betrachter. Für Sehende und z.T. für Sehbehinderte mit Restsehvermögen wird der Aspekt der Zeichenhaftigkeit durch Ähnlichkeit verdeutlicht, weil sie in der Lage sind, die unmittelbare Ähnlichkeit mit den bezeichneten Objekten (Ikonizität) oder die Entsprechung von Relationen (diagrammatische Ikonizität) visuell wahrnehmen, erkennen und verarbeiten zu können. Blinde und stark Sehgeschädigte sind dazu generell nicht in der Lage. Durch den fehlenden Sehsinn können mit Hilfe von bildhaften taktilen Kartenzeichen keine Struktur-Assoziationen zu den abzubildenden realen Objekten der georäumlichen Wirklichkeit entstehen. Selbst wenn man die Zeichenstruktur eines taktil darzustellenden (Geo-) Objektes einer äquivalenten visuellen Zeichenstruktur anpasst, indem die Struktur des taktilen Kartenzeichens sehr stark vereinfacht wird, dabei aber immer noch die Grundstruktur des visuellen ikonischen Kartenzeichens erhalten bleibt, können für blinde oder stark sehbehinderte Kartennutzer zu diesem taktilen Zeichen, welches das von ihnen visuell nicht wahrnehmbare (Geo-) Objekt darstellt, nicht die gleichen Assoziationen hervorgerufen werden, wie für sehende Kartenbenutzer. Sehbehinderte und blinde Kartennutzer kennen nicht die visuelle Struktur des dargestellten Objektes. Folglich können auch keine Assoziationen hervorgerufen werden, die eine Übereinstimmung zum abgebildeten Objekt (Raum) erkennen lassen. Die Nutzung einer Legende oder die Inanspruchnahme einer verbalen Erläuterung für inhaltliche Vereinbarungen und (Zeichen-) Zuweisungen bleibt unbedingt erforderlich. Dabei handelt es sich aber nicht mehr um (diagrammatische) Ikonizität.

Der Darstellungscharakter taktiler Kartengraphiken ist im Gegensatz zu visuellen Karten zum überwiegenden Teil symbolisch und indexikalisch ausgeprägt. Ikonizität oder diagrammatische Ikonizität kann in taktilen kartographischen Darstellungen in nur sehr wenigen Fällen annäherungsweise gewährleistet werden. Überwiegend tritt sie als redundantes Gestaltungsmittel von kombinierten Darstellungen in Form einer zusätzlichen farblichen Objektgestaltung, als stark abstrahierte Umrisse oder als vereinfachte Verlaufslinien in Erscheinung.

<sup>39</sup> „Was in der europäischen Tradition "Symbol" heißt, ist das Ikon. Das PEIRCESCHE "Symbol" ist gerade das nicht abbildliche europäische "Zeichen"“ (TRABANT 1996, Elemente der Semiotik, S. 32).

<sup>40</sup> Die diagrammatische Ikonizität ist nach der Definition von PEIRCE eine auf Übereinstimmung bzw. Entsprechung von Relationen basierende Ikonizität und unterscheidet sich damit von der bildlichen, auf unmittelbarer Ähnlichkeit beruhenden Ikonizität. Die Elemente eines diagrammatischen Ikons können auch nicht ikonisch sein (NÖTH 1998).

Tabelle 5.3.2.1.3-1 liefert eine Gegenüberstellung zu Umsetzungs- bzw. Realisierungsmöglichkeiten von (diagrammatischen) ikonischen Zeichen in visuellen und taktilen Karten:

DARSTELLUNGS- OBJEKT	VISUELLE KARTEN	TAKTILE KARTEN
<b>Gewässer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Darstellung von Gewässern durch blaue Linien bzw. blaue Flächen ist <b>diagrammatisch ikonisch</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In kombinierten taktilen Darstellungen können zur Gewässerdarstellung <u>blaue Flächen</u> als redundante Komponente zu einer strukturierten Oberfläche verwendet werden. Bei Blinden und stark Sehgeschädigten besteht jedoch keine direkte Assoziation von: blau=Wasser. Damit liegt <b>keine diagrammatische Ikonizität</b> vor.</li> <li>Bei Sehbehinderten mit ausreichenden Restsehvermögen ist eine Vorstellungsverknüpfung von: <u>blau=Wasser</u> durchaus möglich. In diesem speziellen Fall liegt eine <b>diagrammatische Ikonizität</b> vor.</li> <li>Eine in der <u>Legende</u> definierte oder vereinbarte Oberflächenstruktur hat <b>keinen ikonischen Charakter!</b></li> </ul>
<b>Höhen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Farbskala von grün bis braun kann als <b>diagrammatisch ikonisches</b> Zeichen zur Kennzeichnung von Höhenangaben genutzt werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Höhenangaben</u> können in kombinierten taktilen kartographischen Darstellungen mit kontrastreichen Farben als redundante Information verwendet werden. Da aber keine Assoziationen von Farben in Bezug auf unterschiedliche Höhenstufen bestehen, handelt es sich um <b>keine ikonische Abbildung</b>.</li> <li>Die in der Legende vereinbarte <u>Oberflächenstruktur</u> einzelner Höhenschichten (auf Schwellpapier) verfügt über keinen ikonischen Charakter!</li> <li><u>Reliefs</u> oder taktile Karten mit mehreren Höhenstufen (auf PVC-Folien) verfügen über einen <b>ikonischen Darstellungscharakter</b>.</li> </ul>
<b>Klima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In Klimakarten können die Farben Rot für wärmere Zonen und Blau für kältere Zonen <b>diagrammatisch ikonisch</b> verwendet werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In kombinierten taktilen Darstellungen ist die Verwendung der Farben Rot für wärmere und Blau für kältere Zonen <b>nicht ikonisch</b>, da <u>keine Assoziationen von blau=kalt und rot=warm</u> bestehen.</li> <li>In der <u>Legende</u> vereinbarte Oberflächenstrukturen haben <b>keinen ikonischen Charakter</b>.</li> <li>Eine kartographische Präsentation von Wärme mit Hilfe von warmen Flächen und Kälte durch kalte Flächen hätte <b>ikonischen Charakter</b>. (Es liegen derzeit aber keine konkreten Anwendungsbeispiele vor.)</li> </ul>
<b>Schrifttyp</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Wahl der Schrifttypen (z.B. Ortsnamen) sind <b>diagrammatisch ikonisch</b>, wenn ihre Größe entsprechend der Einwohnerzahl des Ortes ausgewählt ist.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Braille-Schrift kann nicht in verschiedenen Schrifttypen oder Schriftschnitten eingesetzt werden.</li> <li>In kombinierten Darstellungen werden keine verschiedenen Schriftgrößen verwendet.</li> <li>Bezüglich des Schrifttyps liegt in taktilen kartographischen Abbildungen generell <b>keine diagrammatische Ikonizität</b> vor.</li> </ul>
<b>Piktogramme</b> ("sprechende Signaturen")	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Verwendung von Piktogrammen ist <b>ikonisch</b> z.B. bei der Darstellung von Bäumen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stark vereinfachte "<u>piktogrammartige</u>" taktile Zeichen, die in der Grundstruktur den visuellen Signaturen gleichen (z.B. Erdöl- oder Erdgastürme), können z.B. von <u>Späterblindeten</u>, die im Umgang mit visuellen Karten vertraut waren, durch ertasten (wieder-) erkannt werden. Hier liegt eine Art von <b>diagrammatischer Ikonizität</b> vor.</li> <li>Diese taktilen Zeichen sind jedoch nicht international standardisiert und verständlich. Sie müssen für den <u>Großteil der Kartennutzer</u> unbedingt in der Legende erklärt werden, in diesem Fall liegt <b>keine (diagrammatische) Ikonizität</b> vor.</li> </ul>
<b>Umrisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Darstellung eines Gebietsumrisses ist <b>ikonisch</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In taktilen Karten wird ein Gebietsumriss sehr stark abstrahiert bzw. generalisiert dargestellt. Das erlaubt Blinden oder stark Sehgeschädigten jedoch keine direkte Assoziation zum eigentlichen Objekt.</li> <li>Es ist aber möglich, dass einige sehbehinderte Kartennutzer über <u>Assoziationen zum (Geo-) Objekt</u> verfügen. Die Darstellung eines Gebietsumrisses ist daher <b>bedingt ikonisch</b> ausgeprägt, weil sie abhängig vom Wahrnehmungs- und Erkennungsvermögen der jeweiligen Kartennutzer ist. Das trifft auch auf die Darstellung von Verlaufslinien zu.</li> <li>Kartengestalter sind i.A. bei der taktilen kartographischen Repräsentation von Umrissen <b>um Ikonizität bemüht</b>.</li> </ul>
<b>Verlaufslinien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Darstellung von Verlaufslinien (z.B. Flüsse) ist <b>ikonisch</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In taktilen Karten werden Verlaufslinien (z.B. von Flüssen) sehr stark generalisiert dargestellt, was Blinden oder stark Sehgeschädigten dennoch keine direkte Assoziation zum eigentlichen Objekt erlaubt.</li> <li>Kartengestalter sind i.A. bei der taktilen kartographischen Repräsentation von Verlaufslinien <b>um Ikonizität bemüht</b>.</li> </ul>

Tab. 5.3.2.1.3-1: Ikonizität und diagrammatische Ikonizität in visuellen und taktilen Karten

## **2. Indexikalische Zeichen**

Visuelle Karten fungieren in erster Linie als indexikalische Zeichen (NÖTH 2000). Ein Index verweist unmittelbar auf ein tatsächlich vorhandenes, singuläres Objekt, zu dem es einen realen zeitlichen oder räumlichen Bezug aufweist. Gleichmaßen kann ein indexikalisches Zeichen auf ein Objekt hinweisen, zu dem eine kausale (auf Ursache und Wirkung beruhende) Verbindung zwischen den beiden Zeichenkorrelationen besteht (TRABANT 1996).

Die Anwendung indexikalischer Zeichen in taktilen Karten gleicht trotz gewisser Einschränkungen im Großen und Ganzen dem Gebrauch von indexikalischen Zeichen in visuellen Karten, da sie über dieselben verweisenden Funktionen verfügen.

**Pfeilsymbole**, wie Windpfeile auf Wetterkarten, sind symbolische Kartenzeichen. Ihre Indexikalität liegt in dem Herstellen eines Verweises von einem Ort zum anderen, ohne das die Orte selbst Gegenstand der Darstellung sind. Die Indexikalität der kennzeichnenden Pfeile wird auch in taktilen thematischen Karten, wie z.B. zur Darstellung von Niederschlägen in Indien (z.B. Wintermonsun, Sommermonsun) oder Meeresströmungen (z.B. Golfstrom), verwendet.

Im Gegensatz zu visuellen Karten treten Pfeilsymbole innerhalb einer taktilen kartographischen Darstellung generell in einer viel geringeren Anzahl von Signaturen (meist nur 1-2 Pfeile pro Kartenblatt) auf. Dadurch bleibt das Darstellungspotential und damit auch das Informationspotential taktiler Karten den visuellen Karten gegenüber enorm eingeschränkt und damit massiv begrenzt.

**Kartenschrift** besteht immer aus symbolischen<sup>41</sup> Zeichen, die Schriftplatzierung neben einem bestimmten Kartenzeichen bezeichnet aber als Index einen Ort. Auf taktilen Karten können Ortsnamen aus Platzgründen nicht ausgeschrieben werden. Statt dessen dient eine Abkürzung bzw. Braille-Marke neben der jeweiligen Positionssignatur als Verweis (Index), der den Ort bezeichnet. Die Braille-Marke, die sich in der Regel aus zwei bis drei Buchstaben zusammensetzt, wird in der Legende vereinbart.

Die (kulturelle) **Perspektivität** visueller sowie taktiler Karten und Pläne ist jeweils so ausgerichtet, dass der Mittelpunkt des kartographischen Mediums das Zentrum der Lebenswelt ihrer Produzenten abbildet. Hiesige taktile Weltkarten sind im Allgemeinen eurozentrisch, Europakarten germanozentrisch ausgerichtet. In taktilen Orientierungs-, Mobilitäts- und Stadtplänen rückt oft nur ein Stadtteil oder eine bestimmte Einrichtung in den perspektivischen Mittelpunkt der Karte bzw. des Orientierungsplanes.

Des Weiteren muss jede Karte nach **Norden ausgerichtet** sein, um dann auf die Orte der Umgebung indexikalisch bezogen werden zu können (NÖTH 1998).

Visuell **hervortretende Farbtöne**, wie z.B. Rot als Synonym für Achtung oder Gefahr, haben in taktilen kombinierten Darstellungen generell keinen indexikalischen Charakter, da mit dem redundanten Einsatz von kräftigen und stark kontrastierenden Farben lediglich das Restsehvermögen Sehbehinderter berücksichtigt wird, um taktile Punkt-, Linien- oder Flächenzeichen leichter wahrnehmen und besser voneinander differenzieren zu können.

<sup>41</sup> Hier wird immer das Symbolverständnis in der Semiotik nach CH.S. PEIRCE verwendet, wonach ein Zeichen sein Objekt entsprechend einer Übereinkunft bzw. einer Konvention repräsentiert und damit keine Ikonizität besitzt und nicht im Verständnis von Schaff, wo symbolische Kartenzeichen sinnbildliche, „abstrakte Sachverhalte, denen ein gesellschaftlich tiefgreifendes Motiv zugrunde liegt“, verkörpern (KOCH 2002, LdKG, Stichwort: Symbol, Bd. 2, S. 353/354).

### **3. Symbolische Zeichen**

Ein Symbol ist im Sinne von PEIRCE ein arbiträres (willkürliches) Zeichen, das auf einer beliebigen Übereinkunft beruht und keinerlei visuell-anschauliche Ähnlichkeiten mit dem Objekt (Abbildungsgegenstand) aufweist. Generell ist die visuelle Kartographie darum bemüht, die Symbolizität der Karten soweit wie möglich zu reduzieren (NÖTH 2000). In der taktilen Kartographie ist das jedoch nur in wenigen Ansätzen realisierbar.

Eine **Punktsignatur**, die z.B. eine Ortschaft darstellt, ist ein symbolisches Kartenzeichen, das mit der Legende entschlüsselt werden soll. Die Relationen zwischen zwei Punkten, welche die topographische Beziehung zwischen den zwei Ortschaften veranschaulicht, ist dagegen ein diagrammatisches Ikon, das die Entfernungs- und Richtungsbeziehungen zwischen den zwei Orten abbildet. Diese Beziehung gilt für taktile kartographische Darstellungen gleichermaßen wie für visuelle Abbildungen, nur ist ihre Genauigkeit in der Präsentation sowie der Wahrnehmung wesentlich geringer.

Punkte oder Kreise sind zum überwiegenden Teil Symbole für die Darstellung von Ortschaften, ihre Abstufung in unterschiedliche Größen bildet wiederum ein diagrammatisches Ikon (NÖTH 1998). In taktilen Karten lassen sich jedoch weitaus weniger Abstufungen vornehmen als in visuellen Karten.

Die **Symbolizität** in taktilen Karten lässt sich bei der graphischen Gestaltung von taktilen Kartenzeichen leider nicht reduzieren, d.h. eine Ikonisierung der Kartenzeichen ist nicht möglich. Eine taktile Karte oder Abbildung ist von vornherein symbolisch ausgerichtet, da es keine international oder national standardisierten taktilen Kartenzeichen gibt. Der Kartenutzer bleibt im Allgemeinen auf die Benutzung einer Legende, als Kode zum Entschlüsseln der Signaturen, oder einer verbalen Erläuterung angewiesen.

In Abhängigkeit von den individuellen Fähigkeiten und Wahrnehmungsmöglichkeiten einzelner Kartennutzer, sind vereinfachte taktile piktogrammartige Signaturen in taktilen Karten in nur wenigen (Ausnahme-) Fällen für Sehbehinderte mit Restsehvermögen oder Späterblindete, die im Umgang mit visuellen Karten in der Vergangenheit schon einmal konkrete Erfahrungen gesammelt haben, realisierbar. Eine Art von diagrammatischer Ikonizität kann in dem speziellen Fall vorliegen, dass stark vereinfachte taktile Kartenzeichen in ihrer Grundstruktur den visuellen Signaturen gleichen und von den Kartenbenutzern noch visuell erkannt oder aber durch Ertasten wahrgenommen und dadurch wieder erkannt werden können. Da taktile Zeichen weder standardisiert noch allgemein verständlich sind, müssen sie (für den Großteil der Kartennutzer) auf jeden Fall immer in einer Legende definiert bzw. erklärt werden.

In visuellen und taktilen kartographischen Darstellungen finden sich symbolische Zeichen in erster Linie in der gesamten **Kartenschrift** außer- und innerhalb der Karte auf dem gesamten Kartenblatt sowie in den Kartensignaturen vor.

In visuellen Karten können die symbolischen Schriftzeichen teilweise ikonisiert werden, indem z.B. alle Ländernamen mit Kapitälchen gesetzt werden, große Lettern für Großstädte und kleine Lettern für Kleinstädte, kursive Schrift für Flüsse oder grade Schriftzeichen zur Bezeichnung von Orten einheitlich verwendet werden. Diese Typologie wird als diagrammatisches Ikon genutzt (NÖTH 2000).

Braille-Schrift in taktilen Karten kann grundsätzlich nicht ikonisiert werden. Das Schriftsystem lässt sich weder in seiner Schriftart (Schriftfont) noch im Schriftschnitt (aufrecht, fett, kursiv) oder in seinem Schriftgrad variieren. Eine Veränderung in der Schriftgröße wäre theoretisch möglich, ist praktisch aber ungünstig, weil die Schriftzeichen in ihrer geforderten Mindestgröße (zwischen 32 und 34 Punkt) einen sehr hohen Platzbedarf beanspruchen und bereits auf wichtige Inhaltselemente zu ihren Gunsten in der taktilen Abbildung verzichtet werden muss. Ab einer Schriftgröße von über 42 Punkt ist die Braille-Schrift schon wieder schwer zu lesen, weil sie größer ist als eine Fingerkuppe.

Bei kombinierten Darstellungen wird die redundante symbolische Schwarzschrift nicht ikonisiert, das heißt, es werden auf Kapitälchen sowie Variationen nach Schriftschnitt, Schriftart und Schriftgröße generell verzichtet.

Bei kombinierten taktilen kartographischen Darstellungen kommen kontrastreiche **Kartenfarben** zum Einsatz, die in erster Linie arbiträrer (willkürlicher) Natur sind, da der Kontrast zu angrenzenden Farben anstelle der Ikonizität im Vordergrund der Kartengestaltung steht. Durch kombinierte Darstellungen lässt sich die Symbolizität in taktilen kartographischen Medien trotz Farbgestaltung nicht reduzieren. Mit Hilfe von verschiedenen Oberflächenstrukturen, kontrastreichen Farbtönen und mehreren Höhenstufen kann in taktilen kartographischen Abbildungen generell keine Ikonizität bzw. diagrammatische Ikonizität erzeugt werden!

Symbole in visuellen sowie taktilen Karten erscheinen nicht nur in der Kartenschrift und in der unendlichen Anzahl speziell kodierter Kartenzeichen sondern auch in vielen weiteren Formen der kartographischen Repräsentation. „Elementare Merkmale von Karten wie ihre rechteckige Form, der Umrandung des Kartenspiegels, die Gradierung der Maßstäbe in Tausendern oder auch die Konvention, die nördliche Himmelsrichtung nach oben auszurichten“ haben einen symbolischen Charakter, der durch alte kulturelle Konventionen bestimmt wird (NÖTH 2000, S. 489).

## 5.3.2.2 Komplexität

**A) Kartenbelastung**

Die Belastung einer Karte (Kartendichte, Komplexität) gilt als Maß für die Dichte des Karteninhalts. Die **graphische Kartenbelastung** (graphische Zeichendichte) eines Kartenausschnittes ergibt sich aus den syntaktischen Informationen, die aus den graphischen Verbindungen der taktilen Zeichen abzuleiten sind (wie z.B. Gesamtmenge, relative Lage oder räumliche Lage von taktilen Zeichen im Kartenausschnitt) und lässt sich als Anteil der von den taktilen Zeichenelementen und der Braille-Schrift bedeckten Kartenfläche definieren. Sie ist mathematisch eindeutig erfassbar (Angaben in Prozent).

Die **numerische Kartenbelastung** (Menge der pro Flächeneinheit dargestellten Objekte) ergibt sich aus der Anzahl (vergleichbarer) Kartenzeichen bzw. der „Anzahl von Objekten einer Art“ oder allgemein den „Objekteinheiten pro cm<sup>2</sup>“ (GROBER 2002, LdKG, Stichwort: Kartenbelastung, Bd. 1, S. 426). Grundsätzlich darf eine bestimmte Obergrenze der Anzahl an informationstragenden Zeichen pro Flächeneinheit nicht überschritten werden. Bei visuellen Karten befindet sich diese Grenze nach BERTIN (1974) bei 10 Zeichen pro cm<sup>2</sup>, bei taktilen Karten liegt sie um ein Vielfaches darunter, da der Informationsgehalt in taktilen Karten generell viel geringer ausfallen muss.

Als Faktoren, die die Komplexität von taktilen Karten schnell bis zur Unlesbarkeit steigern können, gelten vor allem irrelevante Informationen auf dem Kartenblatt, eine zu hohe Anzahl von taktilen Kartenzeichen pro Flächeneinheit und ein zu geringer Abstand zwischen den einzelnen Kartenzeichen.

**B) Komplexitätsgrad**

Mit der Kennzeichnung des Komplexitätsgrades einer Karte wird ein wesentlicher Aspekt ihres Strukturniveaus<sup>42</sup> (Gestaltungskonzeption) beschrieben.

Taktile Karten treten hauptsächlich als analytische Darstellungen (**Elementkarten**) auf, da in ihnen zumeist ein oder nur wenige Inhaltselemente eines betrachteten Komplexes wiedergegeben werden können. Ihr Strukturniveau ist durch relativ elementare Strukturen gekennzeichnet, d.h. sie sind einfach gestaltet und beschränken sich auf nur eine kartographische Darstellungsmethode.

In **komplexen Karten** werden mehrere Einzelthemen, die meistens in einem sachlichen Zusammenhang stehen aber dennoch einzeln erkennbar bleiben, bearbeitet. Sie sind polythematisch. Echte Komplexdarstellungen im Sinne der klassischen Kartographie, in denen gleichzeitig mehrere Erscheinungen bzw. Sachverhalte gezeigt werden, sind in taktilen Karten jedoch nicht möglich. Daher sollte in der taktilen Kartographie der Begriff der **Polyelementkarte** anstelle vom Begriff der komplexen Karten verwendet werden, da es die geringe bzw. begrenzte Informationsdichte traditioneller taktiler Karten im Sinne der klassischen Kartographie nicht erlaubt, von komplexen Repräsentationen zu sprechen (KOCH 1997). Taktile Polyelementkarten stellen hohe Anforderungen an den sehbehinderten bzw. blinden Kartennutzer. Während in der visuellen Kartographie Komplexkarten den Vorzug bieten, auf nur einem (z.T. komplizierten) Kartenblatt eine vertiefte Einsicht in die Zusammenhänge von verschiedenen Komponenten zu erlangen, sollte in der taktilen Kartographie eine entsprechende Darstellung des Gesamtkomplexes auf mehreren, sich ergänzenden bzw. aufeinander aufbauenden Kartenblättern in Erwägung gezogen werden.

PODSCHALDI riet bereits 1988 zum Übergang einer additiven Informationsdarbietung in taktilen Karten, bei der die Inhaltselemente auf mehrere Kartenblätter verteilt werden können. Die Frage nach der Zweckmäßigkeit zum Übergang der additiven Informationsdarbietung

<sup>42</sup> Nach OGRISSEK (1983) bezeichnet das Strukturniveau den Grad der Unterschiedlichkeit oder Kompliziertheit der in der Karte vernetzten Inhaltskomponenten. Das Strukturniveau kommt bei der kartographischen Modellierung in Abhängigkeit von der Zweckbestimmung als analytische Karte, synthetische Karte (Synthesekarte) und komplexe Karte (Komplexkarte) vor (ABC Kartenkunde, Stichwort: Strukturniveau, S. 575).

blieb bis heute ungeklärt, obgleich sich mehrere Möglichkeiten anbieten, um ein Maximum an Informationen gut erkennbar darzustellen<sup>43</sup>.

Taktile Karten kommen nicht als **synthetische Karten**, die sich als Darstellungen eines Gesamtbildes über das Zusammenwirken mehrerer Themen ergeben, vor.

### 5.3.2.3 Kartographische Abstraktion

Die **kartographische Generalisierung** stellt aus semiotischer Sicht einen Zeichenprozess dar, in dem Zeichen einer Ausgangskarte in Zeichen für eine Folgekarte umgewandelt werden. Bei taktilen Karten handelt es sich fast ausnahmslos um Folgekarten, die aus der kartographischen Generalisierung einer visuellen Kartenvorlage (und nur selten aus einer direkten Objektgeneralisierung) hervorgehen und generell einen sehr hohen Generalisierungsgrad aufweisen. Sie können ganz und gar nicht den Anspruch erheben, die „unmittelbare, vollständige und exakte Wiedergabe der originalen Daten aus topographischen Vermessungen, thematischen Aufnahmen oder Bildauswertungen“ zu sein (HAKE & GRÜNREICH 1994, S. 18). Dem sehr hohen Generalisierungsgrad zufolge kann die ausgesprochen starke Vereinfachung und Verallgemeinerung von taktilen Karten im Rahmen der kartographischen Generalisierung vielmehr als eine **taktile kartographische Abstraktion** von georäumlichen Merkmalen und Strukturen, Informationen und kartographischen Zeichen betrachtet werden.

Die taktile Folgekarte, als Ergebnis einer taktilen kartographischen Abstraktion, kann aus einer anderen visuellen Karte größeren Maßstabes, einer visuellen Karte gleichen Maßstabes oder einer visuellen Kartenvorlage kleineren Maßstabes, die auf den gewünschten Maßstab vergrößert werden muss, hervorgehen. Von einer taktilen Karte werden in der Regel keine weiteren taktilen Folgekarten abgeleitet.

Bei der kartographischen Abstraktion taktiler Karten laufen komplexe semiotische Handlungen ab, wobei die verwendeten Zeichen einer visuellen Ausgangskarte z.T. stark verändert und in taktile Zeichen umgewandelt und/oder neue taktile Zeichen kreiert werden. Im Sinne der Semiotik kann dieser Prozess als ein "Substitutionsprozess von Zeichen" angesehen werden (UÇAR 1979). Aufgrund des generell sehr hohen Abstraktionsgrades taktiler Karten bleiben die elementaren Vorgänge der geometrischen (raumbezogenen), semantischen (sachbezogenen) und temporalen (zeitbezogenen) Abstraktion wie starke Vereinfachung der Signaturen, überproportionale Vergrößerung, Verdrängung, großzügige Zusammenfassung bzw. Vereinigung von Zeichen (Verringerung), Auswahl und ausgeprägte Reduzierung sowie Klassifikation und Bewertung, selbst bei der Herleitung aus einer anderen Karte kleineren Maßstabes, stets erforderlich und finden nur selten unabhängig voneinander statt.

<sup>43</sup> 1) **Teilkarten als Folge von Abbildungen**: Ein großer geographischer Raum mit hoher Inhaltsdichte kann in mehrere Teilgebiete aufgegliedert werden. Dabei ist zu beachten, dass sich die einzelnen Kartenausschnitte deutlich überlappen und alle Teilkarten nach einem einheitlichen Zeichenschlüssel gestaltet sind. Handelt es sich bei den Teilkarten um die Darstellung der Kontinente, ist die Überlappung der Kartenteile nicht notwendig. Weiterhin sollen alle Kartenblätter den gleichen Maßstab sowie dasselbe Format besitzen und im gleichen Herstellungsverfahren erzeugt worden sein. Um den Kartenlesern einen Überblick über Anordnung und Lagebeziehungen der Teilkarten anzubieten, muss der Kartenserie ein Übersichtsplan über das gesamte dargestellte Gebiet beigelegt werden.

2) **Kartenserie**, aufgeteilt auf mehrere Kartenblätter mit jeweils verschiedenen Thematiken: auf allen Blättern des Kartensatzes müssen redundante Informationen in Form von gleichen Anhaltspunkten (z.B. wichtigste Städte und Flüsse) dargestellt sein. Außerdem ist auf einen einheitlichen Zeichenschlüssel, gleichen Maßstab, gleiches Format sowie Herstellungstechnologie zu achten. Mit ergänzenden Themen kann die Serie weiter komplettiert werden.

3) **Aufbauende Serie von Karten**: Mit jedem Kartenblatt werden die aufeinander aufbauenden Informationen komplexer, d.h. die graphische Zeichen- und Informationsdichte nimmt mit jedem neuen Kartenblatt zu. Die erste Karte enthält nur die einfachsten Basisinformationen. Auf jedem weiteren Kartenblatt werden zusätzliche Informationen präsentiert bis zur letzten Polyelementkarte der Serie, in der die Thematik vollständig dargestellt ist.

4) Durch die Verwendung eines so genannten **Overlays** oder **Underlays**, das ist ein zusätzliches Blatt, das mit der zweiten Hand über oder unter dem eigentlichen Kartenblatt gelesen werden kann, können ergänzende Informationen zu einem Kartenblatt vermittelt werden.

5) **Audio-taktile Karten**: In einem audio-taktilen Dialogsystem mit mehreren Informations- bzw. Dialogebenen wird der Informationsgehalt eines komplexen kartographischen Mediums gewährleistet.

Es ist bekannt, dass bei der Konzeption und Erstellung von taktilen Karten die gleichen Genauigkeitsanforderungen wie in der Kartographie für Sehende nicht möglich sind, da das Auflösungsvermögen der Fingerkuppen im Vergleich zu den Augen sehr gering ist. Um eine taktiler Karte weder graphisch noch begrifflich zu überlasten, müssen bei ihrer Abstraktion deshalb immer zwei grundsätzliche Vorgänge gleichzeitig bzw. miteinander ablaufen: Zum einen müssen alle Objekte sehr stark vergrößert und damit die geometrische Richtigkeit eingeschränkt werden; zum anderen muss aufgrund des Mangels an Darstellungsfläche eine Auswahl der darzustellenden Objekte getroffen, auf die Wiedergabe vieler Objekte verzichtet, mehrere Objekte zu einer Objektklasse zusammengefasst und damit die Vollständigkeit sowie die Informationsmenge (bzw. Informationsdichte) der taktilen Karte erheblich verringert werden. Die hier auftretenden elementaren Abstraktionsvorgänge wie Vergrößern und Reduzieren sind Einzelschritte, die jedoch von anderen elementaren Vorgängen abhängig sind, da beispielsweise das Verdrängen von Objekten eine Folge der Vergrößerung oder die Auswahl bzw. Reduzierung von Objekten eine Folge von Klassifikation oder Zusammenfassung sind.

Die typische Methode zum Abstrahieren von taktilen Karten und Plänen aller Maßstäbe besteht in dem **intuitiven Generalisieren** (bzw. intuitiven Abstrahieren), ein freies Generalisieren, das auf den Erfahrungen sowie dem individuellen kartographischen Können der jeweiligen Kartenbearbeiter beruht.

Im Gegensatz zur visuellen Kartographie liegen für die taktiler Kartographie derzeit weder verbindliche Regeln in Form von Gestaltungsvorschriften noch empirische und konstruktive Methoden zur Abstraktion von taktilen Karten vor.

Die Abstraktion taktiler kartographischer Medien findet im Allgemeinen auf einer **Darstellungsebene**, auf der eine gute taktiler Wahrnehmbarkeit und Lesbarkeit der Karte gewährleistet sein muss, und einer **Objektebene**, auf der entschieden wird, welche Objekte in die Karte aufgenommen und wie sie dargestellt werden sollen, statt.

Die **geometrische Abstraktion** taktiler Karten findet auf der Darstellungsebene statt und fällt in das Untersuchungsgebiet der Syntaktik. Es handelt sich um eine rein graphische Abstraktion, bei der stets grundrissbezogene Vereinfachungen bzw. Glättungen, Vergrößerungen, Zusammenfassungen<sup>44</sup> und Verdrängungen im Vordergrund stehen. Ein sehr wichtiges Kriterium bei der geometrischen Abstraktion taktiler Karten liegt, wie bei der Generalisierung von visuellen Karten, in der Wahrung der Topologie sowie in der Herausarbeitung und Betonung von Großformen zur Wahrung des eigentlichen Charakters.

Taktile Kartenzeichen (Punkt-, Linien- und Flächensignaturen) werden jedoch nicht im Rahmen der geometrischen Abstraktion aus bildhaften oder geometrischen Signaturen einer visuellen Kartenvorlage abgeleitet, sondern entsprechend den Anforderungen an die taktiler Wahrnehmung neu entwickelt und z.T. individuell gestaltet.

Die **semantische Abstraktion** findet auf der Objektebene statt und ist eine sachbezogene, begriffliche und damit thematische Abstraktion, die entsprechend ihrem Anwendungszweck erfolgt. So wie nach HAKE, GRÜNREICH & MENG (2002) der semantischen Generalisierung visueller Karten die Vorgänge der qualitativen und quantitativen Generalisierung zuzuordnen sind, können der semantischen Abstraktion taktiler Karten die Vorgänge der qualitativen und quantitativen Abstraktion zugeordnet werden. Beide Vorgänge sind generell mit einer sehr starken Informationsreduzierung, entsprechend dem jeweiligen Verwendungszweck der Karte sowie der Disposition der zukünftigen Kartennutzer, verbunden. Bei der **qualitativen Abstraktion** taktiler thematischer Karten stehen Vorgänge der Reduzierung (z.B. der Darstellungsobjekte), Zusammenfassung (z.B. von Objekten in Objektklassen) sowie der Klassifizierung im Vordergrund. Bei der **quantitativen Abstraktion** taktiler thematischer Karten, in deren Verlauf statistische Werte leichtverständlich bzw. veranschaulichend für eine bestimmte Nutzergruppe aufbereitet werden, stehen wie bei visuellen Karten besonders Vorgänge des Vereinfachens (z.B. Rundungen von Einwohnerzahlen), des Zusammenfassens

<sup>44</sup> Der elementare Vorgang der Zusammenfassung „kann rein geometrischer Natur sein (z.B. die Vereinigung einzelner, dicht beieinander liegender Waldflächen zu einer Fläche) oder aber aus einer begrifflichen Zusammenfassung resultieren (z.B. wenn Einzelhaussignaturen zu einem Bebauungsblock integriert werden). Hierbei bedingen sich geometrische und begriffliche Zusammenfassung wechselseitig“ (GROßER 2002, LdKG, Stichwort: geometrische Generalisierung, Bd. 1, S. 311).

(z.B. Summenwerte), des Auswählens (z.B. die Festlegung von unteren Schwellenwerten) sowie des Klassifizierens (z.B. Bildung von Mittelwerten oder Wertegruppen [Bevölkerungsdichte]) im Vordergrund.

ELEMENTARE VORGÄNGE	GEOMETRISCH (SYNTAKTISCH)	SEMANTISCH
Vereinfachung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundrissbezogene Vereinfachung</li> <li>Glätten linearer Objekte</li> <li>Formvereinfachung (z.B. komplizierter Figuren oder von Hausgrundrissen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Vereinfachung von Begriffen</i></li> <li>Rundungen (z.B. von aktuellen Einwohnerzahlen) → <b>quantitative Abstraktion</b></li> <li>Rundungen (z.B. nur Angabe von Jahreszahlen eines geschichtlichen Ereignisses)</li> <li>Datierungen einer neuen Grenze oder zeitweilige Ausdehnung eines Machtbereiches → <b>temporale Abstraktion</b></li> </ul>
Vergrößerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verbreitern linearer Objekte</li> <li>Vergrößern von Punktsignaturen</li> </ul>	-
Verdrängung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundrissbezogene Verdrängung als Folge der graphischen Verbreiterung (z.B. von Straßen)</li> <li>Inseln um einige Millimeter vom Festland verschieben (→ <i>Mindestabstand wahren</i>)</li> </ul>	-
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundrissbezogene Zusammenfassung (z.B. Vereinigung einzelner, dicht beieinander liegender Waldflächen zu einer Fläche)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Begriffliche Zusammenfassung (z.B. Einzelhaussignaturen zu einem Bebauungsblock)</li> <li>Zusammenfassung von Merkmalen oder Objekten in Objektklassen</li> <li>Zusammenfassung von mehreren Objektklassen in eine Objektklasse → <b>qualitative Abstraktion</b></li> <li>Bildung von Summenwerten → <b>quantitative Abstraktion</b></li> <li>Summe mehrerer Zeitintervalle (z.B. Völkerwanderung, Geologische Epoche, Stadterweiterung,) → <b>temporale Abstraktion</b></li> </ul>
Auswahl	<ul style="list-style-type: none"> <li>Graphisches Selektieren (reduzieren bzw. weglassen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl der darzustellenden Objekte/ Objektklassen, da die Anzahl der darzustellenden Objekte/Objektklassen begrenzt ist</li> <li>Reduzierung der Objekte bzw. Objektklassen → <b>qualitative Abstraktion</b></li> <li>Festlegung von unteren Schwellenwerten → <b>quantitative Abstraktion</b></li> <li>Verzicht auf ein weniger bedeutendes Datum</li> <li>Verzicht auf die Darstellung einer weniger bedeutenden Veränderung (z.B. geringe Ausdehnung bzw. Grenzveränderung) → <b>temporale Abstraktion</b></li> </ul>
Klassifizierung bzw. Typisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Graphisches Einteilen bzw. Typisieren der Objekte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Klassifizierung der darzustellenden Objekte</li> <li><i>Umwandlung in Signaturen</i> → <b>qualitative Abstraktion</b></li> <li>Bildung von Wertegruppen</li> <li>Bildung von Mittelwerten → <b>quantitative Abstraktion</b></li> </ul>
Bewertung	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bewertung von ausgewählten Merkmalen, Objekten oder Objektklassen (z.B. durch betonen bzw. hervorheben) → <b>qualitative Abstraktion</b></li> </ul>

Tab. 5.3.2.3-1: Syntaktische und semantische Aspekte der kartographischen Abstraktion taktile Karten

Die temporale Generalisierung ist nach HAKE, GRÜNREICH & MENG (2002) eine Unterart der semantischen Generalisierung, die sich auf Angaben von geschichtlichen Ereignissen und Sachverhalten bezieht oder zum zeitlichen Verhalten dynamischer Phänomene äußert. Im Rahmen einer thematischen **temporalen Abstraktion** treten auch bei taktilen historischen Karten<sup>45</sup> je nach der Art der zeitlichen Datierung (wie z.B. lokaler Bezug, räumliche Veränderung des gesamten Darstellungsobjektes, räumliche Veränderung der Objektgrenzen) die elementaren Abstraktionsvorgänge des Vereinfachens (z.B. nur Jahresangaben eines geschichtlichen Ereignisses), des Zusammenfassens (z.B. Summe mehrerer Zeitintervalle bei der Stadterweiterung) und des Auswählens (z.B. Verzicht auf weniger bedeutende Jahresangaben) auf.

Eine Zusammenstellung mit konkreten Beispielen zu den syntaktischen und semantischen Aspekten der kartographischen Abstraktion taktiler Karten bietet die Tabelle 5.3.2.3-1:

Summa summarum besteht das Ziel der kartographischen Abstraktion darin, das Überangebot an Informationen einer visuellen Ausgangskarte auf eine für die taktile Folgekarte angemessene und vernünftige Informationsmenge so zu reduzieren, dass sie dem jeweiligen Verwendungszweck optimal entspricht und gleichzeitig auf die speziellen Bedürfnisse der Nutzer zugeschnitten ist (vgl. Kap. 6.3). Dabei soll die so genannte pragmatische Redundanz reduziert und damit die pragmatische Qualität erhöht werden.

Abschließend kann der folgenden Feststellung von BOLLMANN (2002) grundsätzlich zugestimmt werden: „Wichtigster Aspekt von Abstraktions- und Generalisierungsprozessen in der Kartographie ist das Zugänglichmachen konkreter Situationen durch die verallgemeinernde begriffliche Erkenntnisbildung“ (LdKG, Stichwort: kartographische Abstraktion, Bd. 2, S. 14). Diese Aussage trifft gleichermaßen für alle visuellen und taktilen kartographischen Medien zu.

#### 5.3.2.4 Maßstab

Das maßstäbliche Verkleinerungsverhältnis ist Grundvoraussetzung für eine taktile, auf mindestens zwei (oder mehrere) verschiedenen Höhenstufen eingeebnete, vereinfachte und erläuterte Darstellung der Erdoberfläche. Die Auswahl eines zweckentsprechenden Maßstabbereiches fällt in das Untersuchungsgebiet der Pragmatik, da der ausgewählte Maßstab immer abhängig von seiner Funktionalität ist und damit über Inhalt und Aussagemöglichkeiten der jeweiligen taktilen Karte entscheidend mitbestimmt.

Nach KOCH (1997) kann die allgemeine Unterteilung der topographischen und thematischen Karten in Pläne, groß-, mittel- und kleinmaßstäbige Karten grundsätzlich auch für taktile Karten übernommen werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass „hier der Maßstab mindestens doppelt so groß sein muss, wie bei visuellen Karten, um nur annähernd die gleiche Informationsmenge darstellen zu können“ (KOCH 1997 a, S. 410). Im Allgemeinen lassen sich Maßstabbereiche definieren, „die den geographischen Dimensionen<sup>46</sup> in bestimmter Weise zugeordnet werden können und bestimmten Verallgemeinerungsstufen der Betrachtung und Darstellung der geographischen Wirklichkeit entsprechen“ (STAMS 1983, ABC Kartenkunde, Stichwort: Maßstab, S. 390).

---

<sup>45</sup> Es existiert eine große Vielzahl an taktilen historischen Karten. Die gesamte Dokumentation von verkäuflichen taktilen Karten und Abbildungen ist erhältlich bei der Deutschen Blindenstudienanstalt e.V. in Marburg.

<sup>46</sup> Der Begriff der Dimension eines modellierten Raumes bzw. die abgebildeten Dimensionsstufen werden wie folgt definiert: „In Abhängigkeit von der Größenordnung des betrachteten Raumes werden somit Naturraumeinheiten verschiedener Dimensionen, denen zugleich Maßstabbereiche entsprechen, unterschieden. Sie sind in einem taxonomischen System geordnet, das auf vier Dimensionen aufbaut. Diese sind in Dimensionsstufen unterteilt. Jede dieser Dimensionsstufen entspricht einem bestimmten Grad der Verallgemeinerung und spiegelt eine bestimmte Homogenität bzw. Heterogenität wider“ (BARTHEL, ABC Kartenkunde, Stichwort: Naturraum, S. 425).

Da sich taktile Karten aufgrund ihrer speziellen Inhalte und dem hohen Abstraktionsgrad nicht in das allgemeine geographische **Dimensionsstufenmodell** von BARTHEL (1983) oder das kartographische Dimensionsstufenmodell von STAMS (1993) einordnen lassen, mussten für sie neue Dimensionsstufen definiert werden. Diesbezüglich liegen einzelne Veröffentlichungen von BRAMBRING (1979), MÖLLER (1985) oder MOHR (1993) vor, die taktile Karten anhand ihrer Maßstabszahlen in verschiedene Maßstabsbereiche voneinander unterscheiden. Alle drei Ausarbeitungen weichen in den vorgeschlagenen Maßstabsbereichen jedoch stark voneinander ab.

Nach einer aufwendigen Auswertung von umfangreichem Kartenmaterial verschiedener Bibliotheken, Forschungsanstalten und Produktionseinrichtungen leiteten KINZEL (1995) und KOCH (1997) ein neues Dimensionsstufenmodell (vgl. Abb. 5.3.2.4-1) zur Systematisierung und Gruppierung von traditionellen taktilen Karten nach dem Kartenmaßstab ab. Eine maßstabmäßige Einordnung der taktilen Stadt- und Stadtteilkarten, die den größten Anteil der taktilen Karten ausmachen, war dabei sehr schwierig, da die Maßstäbe in Abhängigkeit von Inhaltsdichte und flächenmäßiger Ausdehnung der Städte teilweise sehr stark voneinander differierten. Neue taktile kartographische Medien wurden hier noch nicht mit einbezogen.

Bis heute liegt kein Dimensionsstufenmodell zur Systematisierung und Gruppierung von sowohl traditionellen als auch neuen taktilen kartographischen Medien nach dem Maßstab vor.

KARTENBEZEICHNUNG	DIMENSION	DIMENSIONSSTUFEN	DARSTELLUNGSGEGENSTAND	VERWENDUNGSZWECK
Orientierungs- und Mobilitätspläne, Topometrische Detailkarten	Topologische Dimension	1:100 bis 1:2 000	Gebäudeinnenräume, Schulhof, Wege, Treppen, Gebäude, Bänke, Hindernisse	Orientierung und Mobilität in Gebieten mit sehr geringer Ausdehnung
Stadtteilkarten, Stadtpläne, Topographische Karten		1:2 000 bis 1:50 000	Häuserblöcke, Stadtteile, Straßen, Verkehrswege, Gärten, topographische Objekte	Orientierung und Mobilität in Gebieten mit geringer und mittlerer Ausdehnung
Chorographische Detailkarten	Chorologische Dimension	1:50 000 bis 1:250 000	Topographische und thematische Inhalte von Gebieten	Wissensübermittlung, Wissenserweiterung
Chorographische Landkarten		1:250 000 bis 1:1 000 000	Topographische und thematische Inhalte von Landschaften	
Geographische Detailkarten	Regionale Dimension	1:1 000 000 bis 1:10 000 000	Ausgewählte topographische und thematische Inhalte eines oder mehrerer Staaten	Wissensübermittlung, Wissenserweiterung
Kontinent- und Weltkarten	Globale Dimension	< 1:10 000 000	Politische Gliederung, Staatsgrenzen, ausgewählte Gewässer und Erhebungen, etc.	Wissensübermittlung, Wissenserweiterung

Tab. 5.3.2.4-1: Das Dimensionsstufenmodell nach KOCH (1997), in Anlehnung an KINZEL (1995)

### 5.3.2.5 Kartenblattgestaltung

Die äußeren Gestaltungsmerkmale einer traditionellen taktilen Karte sollten ein beständiges Erscheinungsbild anstreben, da nur eindeutig strukturierte und standardisierte Darstellungen den taktilen Wahrnehmungsprozess vereinfachen und damit beschleunigen. Bei der Erstellung von taktilen Plänen sowie topographischen oder thematischen Karten müssen daher bestimmte Kriterien für die Anordnung bzw. Platzierung von Maßstabsangaben, Kartentitel, Nordpfeil und Rahmen oder die Gestaltung von Legenden innerhalb und außerhalb des Kartenblattes unbedingt eingehalten werden. Im Gegensatz zur Gestaltung taktiler Kartenzeichen ist beim allgemeinen Arrangement des Kartenblattes eine Standardisierung möglich, so dass ein einheitliches Layout festgelegt werden kann.

#### A) Syntaktische Aspekte der Kartenblattgestaltung

Die Wahl des **Formates** hängt vorrangig vom Verwendungszweck der Karte und deren Informationsdichte sowie vom Maßstab ab. Weiterhin soll sich das Ausgabeformat einer taktilen Darstellung an dem Handtasträum<sup>47</sup>, das ist die Größe des Raumes, den ein Erwachsener mit beiden Händen und gespreizten Fingern bedecken kann, oder dem doppelten Handtasträum orientieren. Damit der Tastende den eigenen Standort und das Tastobjekt nicht verändern muss, sollte die maximale Ausdehnung einer taktilen Abbildung immer innerhalb des natürlichen Tastraumes liegen. Sehr große taktile Darstellungen, deren Formate den Handtasträum überschreiten und im Armtastbereich liegen, sollten nur in Sonderfällen erstellt werden, da zu große Abbildungen mit hoher Informationsdichte schwer verständlich wirken, schnell zur Ermüdung und schließlich zur Ablehnung durch den Tastenden führen. Im Allgemeinen gilt folgender Leitsatz: „Das Format taktiler Abbildungen soll sich am Handtasträum – in Sonderfällen am Armtastbereich und unter dieser Maßgabe an den DIN-Formaten orientieren“ (BEYER 1995, S. 33).

#### B) Semantische Aspekte der Kartenblattgestaltung

Die Wahl bzw. Formulierung des Kartentitels und die Legendengestaltung gehören der kartographischen Semantik an.

Die **Legende** taktiler Karten und Pläne sollte sich generell deutlich von der Darstellung durch eine Trennungslinie oder einen Kasten abtrennen, sich auf dem Blatt der Abbildung befinden oder als umklappbare Seite der Karte direkt zugeordnet sein. Ist das aus Platzgründen unmöglich oder besitzt eine Legende für mehrere Kartenblätter Gültigkeit, können die Signaturen auf einem Extrablatt erläutert werden.

Des Weiteren muss eine gute Vergleichbarkeit der taktilen Kartenzeichen auf der Karte mit den Zeichen in der Legende gewährleistet sein. Dabei dürfen die Zeichen in der Legende keine größenmäßigen Abweichungen zu denen auf dem Kartenblatt aufweisen. Weitere wichtige Kriterien der Legende stellen eine gute Lesbarkeit, Übersichtlichkeit, Vollständigkeit und eine so gut wie möglich verwirklichte Überschaubarkeit dar.

---

<sup>47</sup> Der Handtasträum eines sitzenden Erwachsenen entspricht in etwa dem DIN A 4 Format (210 mm x 297 mm), der doppelte Handtasträum in etwa dem DIN A 3 Format (395 mm x 297 mm) und der Armtastbereich in etwa einer Größe von ca. 400 x 1000 cm im Querformat. Ein maximales Abbildungsformat von 400 mm x 600 mm sollte generell nicht überschritten werden (BEYER 1995).



Abb. 5.3.2.5-1: Legende auf dem Kartenblatt (auf PVC-Folie) Brasilien Wirtschaftskarte (e.V. Hamburg)



Abb. 5.3.2.5-3: Legende auf einem Extrablatt in Schwarzschrift (auf Schwellpapier) (GEIGER 2001)

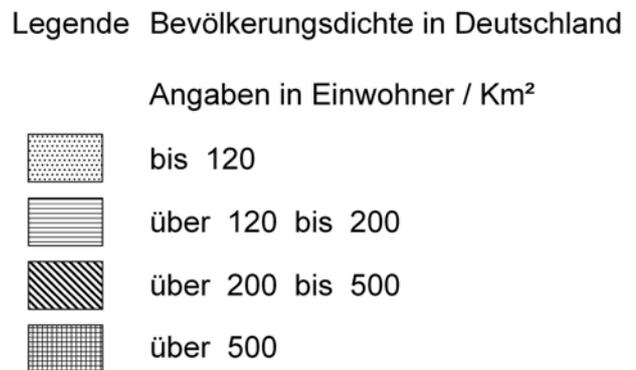


Abb. 5.3.2.5-2: Legende auf einem Extrablatt in Braille-Schrift (auf Schwellpapier) (GEIGER 2001)

Findet eine kartographische Abbildung als audio-taktile Karte in Verbindung mit einem audio-taktilen Dialogsystem Verwendung, erfordert sie keine Legende auf dem Kartenblatt. Dennoch empfiehlt sich die Beigabe eines taktilen Zeichenschlüssels auf einem Extrablatt, um die Abbildung eigenständig ohne Audio-Hilfe zu Orientierungszwecken oder zur Entnahme von einfachen thematischen Sachverhalten zu nutzen.

### C) Pragmatische Aspekte der Kartenblattgestaltung

Die pragmatischen Aspekte der Kartenblattgestaltung umfassen zum einen alle Überlegungen bzw. Entscheidungen bezüglich des Umfanges der zu bearbeitenden Kartenfläche (Inselkarte, Rahmenkarte) und zum anderen die gesamte Gestaltung des äußeren Kartenbildes wie die Darstellung und Platzierung von Nordpfeil, Kartentitel, Maßstabsangabe, Kartenrahmen und Grad- oder Suchnetz.

Im Allgemeinen sind Karten nach **Norden ausgerichtet**. In taktilen Karten kann die Ausrichtung mit Hilfe einer viel Platz einnehmenden Kompassrose oder einem großen Nordpfeil gut angegeben werden. Als platz sparende Alternative bietet sich an, die Nordkante der Karte durch eine bestimmte Liniensignatur zu kennzeichnen oder die rechte obere Ecke der Karte abzuschneiden, um sie schnell in die richtige Position zum Lesen zu bringen.

Für den überwiegenden Teil taktiler kartographischer Abbildungen hat es sich im Laufe der Zeit durchgesetzt, dass der **Kartentitel** auf dem Kartenblatt immer oben links angeordnet wird. Der Titel der Darstellung wird in Braille-Schrift stets ausgeschrieben, es werden generell keine Braille-Marken gesetzt. In der Praxis ist es üblich, den Titel auch in der platz sparenden Braille-Kurzschrift<sup>48</sup> zu schreiben. Hier ergibt sich aber das Problem, dass nicht alle Nutzer die kompliziertere Kurzschrift lesen können. Steht auf dem jeweiligen Kartenblatt ausreichend Platz zur Verfügung, sollte der Kartentitel immer in der Basisschrift<sup>49</sup> oder Vollschrift<sup>50</sup> ausgeschrieben werden. Zusätzlich sollte der Kartentitel in großer Schwarzschrift ausgeschrieben werden, um die Verständigung über Kartenthema und Karteninhalte zwischen Blinden, Sehbehinderten und Sehenden zu gewährleisten.

Die Wahl des **Maßstabes** hängt immer von der Zweckbestimmung und dem darzustellenden Inhalt ab. Neben der **numerischen Maßstabsangabe** sollte auf taktilen Karten stets die Angabe eines Verkleinerungsverhältnisses in Form einer **graphischen Maßstabsangabe** (Maßstabsleiste) und/oder einem **Flächenmaßstab** (graphische Vergleichsgröße) vorhanden sein. Die Maßeiste bildet die Grundlage zum Vergleich von Entfernungen und zur besseren Einschätzung von Größenverhältnissen auf der Karte. Die zusätzliche Angabe eines graphischen Flächenmaßstabes in Form einer Vergleichsfläche bzw. Vergleichskarte einer bekannten geographischen Region, wie z.B. ein anderes kleineres Land (z.B. Deutschland), das im selben Maßstab abgebildet wird wie das dargestellte Gebiet (z.B. ein Kontinent), dient dem Kartennutzer als direkter Größenvergleich.

Taktile Karten sollten immer über einen taktil gut erkennbaren **Kartenrahmen** als Abgrenzung zwischen kartographischer Abbildung, Legende und Kartenrand verfügen.

Vor allem Mobilitäts- und Orientierungspläne verfügen oftmals über ein **Suchnetz**, das am Kartenrahmen mit den dazugehörigen Marken oder Koordinatenangaben in Braille-Schrift (oft in Form von Buchstaben-Zahlen Verbindungen) angeordnet ist. In der Legende werden alle dargestellten Objekte mit ihren dazugehörigen Koordinatenangaben erklärt. Nur selten durchzieht ein Suchnetz als durchgehendes Gitter das gesamte Kartenblatt.

**Gradnetze** kommen in Welt- oder Kontinentkarten nur in Form von Kennzeichnungen der Wendekreise und des Äquators am Kartenrahmen vor.

<sup>48</sup> Die Kurzschrift ist die häufigste Form der Punkschrift, sie verfügt über zahlreiche Abkürzungen und ermöglicht ein schnelleres Lesen durch eine größere Komplexität des Schriftbildes. Die Zeichen haben z.T. unterschiedliche Bedeutungen je nach der Stellung im Wort. Der Platzbedarf ist sehr gering.

<sup>49</sup> Die Basisschrift ist die älteste der drei Punkschriftformen (Basisschrift, Vollschrift, Kurzschrift), die seit 1998 wieder offiziell genutzt wird. Alle Wörter werden Buchstabengetreu wiedergegeben.

<sup>50</sup> Bei der Vollschrift besitzen bestimmte Lautgruppen (Buchstabenkombinationen wie: au, äu, ch, ei, eu, ie, sch, st) ein Zeichen (BRAILLE 2003, URL: <http://www.braille.ch>).

5.3.2.6 Zusätzliche Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien im Symbolsystem

Taktile Karten, die als Auflagemedium für die Nutzung in Verbindung mit einem audio-taktilen Dialogsystem oder einer elektronischen Reisehilfe konzipiert wurden, verfügen im Symbolsystem i.A. über dieselben Strukturelemente wie die traditionellen taktilen Karten und Pläne (vgl. Kap. 5.3.2.1-5.3.2.6), auf die an dieser Stelle nicht mehr im Einzelnen eingegangen werden soll. Eine Vielzahl der neuen taktilen kartographischen Medien weisen jedoch zusätzliche (nicht traditionelle, multimediale) Strukturkomponenten, wie z.B. Tonvariablen, Vibrationen oder Informationsebenen auf. Da ein Großteil dieser Strukturkomponenten bisher weder theoretisch analysiert noch empirisch erforscht worden ist, sollen sie innerhalb dieses Abschnittes zusammengetragen und z.T. genauer untersucht werden.

MEDIUM DIMENSION	VIRTUELLE TAKTILE DISPLAYS	TAKTILE DISPLAYS	AUDIO-TAKTILE DIALOGSYSTEME	ELEKTRONISCHE REISEHILFEN	GPS-GESTÜTZTE NAVIGATIONS- SYSTEME	VIRTUELLE TAKTILE KARTEN
<b>SYNTAKTIK</b>						
Struktur des Ausgabe- bereiches	Anzahl der taktilen Ausgabe- flächen (mehrere Matrixen)	Format der taktilen Ausga- befläche (eine Matrix)	Format der audio-taktilen Ausgabefläche		-	Größe der Ausgabefläche bzw. Ausgabe- format
	Anzahl, Ab- stand und Durchmesser d. Stimulatoren	Anzahl, Ab- stand und Durchmesser der Stifte	-	-		taktiler Gitter (Abstände)
	Höhe der Auslenkung					graphische Belastung (bzw. Anzahl von Attributen)
	Anzahl der Höhenstufen					
	graphische Belastung					
Auflösung						
<b>SYNTAKTIK-SEMANTIK</b>						
Variablen	Vibrationen				-	-
	auditive Variablen (Klangvariablen, auditive Sprachvariablen)					
<b>SEMANTIK</b>						
Schrift	Braille-Schrift in der Anwendung, Braille-Ausdrucke und Schwarzschrift-Ausdrucke		Braille- und Schwarzschrift in der Anwendung (und in Ausdrucken)		Braille-Ausdrucke und Schwarzschrift-Ausdrucke	
Informati- onen	Medienbelastung bzw. Informationsdichte der Ausgabefläche / Komplexitätsgrad				-	Informations- dichte der virtuellen Ausgabefläche
	mediengerechte Begriffsgeneralisierung					
	Inhalt und Informationsdichte der gesamten Sprachausgabe		Inhalt und Informationsdichte der gesamten Anwendung und jeder Dialogebene		Inhalt und Informationsdichte der gesamten Sprachausgabe	
	Zusatzinformationen		Anzahl der Informationsebenen		Zusatzinformationen	
<b>PRAGMATIK</b>						
Medium- Gestaltung	nutzerfreundliche Konzeption und Gestaltung der gesamten Medienanwendung					
	Anordnung der Ausgabeflächen (Matrixen)	-	Gestaltung der taktilen Display- auflage (Karte) mit den zusätzli- chen graphischen Elementen		-	-
	Zoomfunktio- nen (beim TIM)		Ausschnittsvergrößerung wird vom System z.T. erlaubt		Zoomfunktionen / Zoomfaktor	
Nutzung der Anwen- dung	Nutzungsanleitung (schriftlich und/oder akustisch)					
	Beispiele und Übungen zum Umgang mit der neuen Medienanwendung					
	passives Tasten mit den Fingerspitzen	aktives Tasten mit Fingern und Handfläche	aktives Abtasten der taktilen Auflage auf dem Tablett mit den Fingern, der Handfläche oder mit einem Zeigestift		-	Finger bewege- n sich aktiv auf virtueller Oberfläche
	Eine interaktive Nutzung der Medienanwendungen ist gewährleistet!					

Tab. 5.3.2.7-1: Zusätzliche Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien im Symbolsystem

Tabelle 5.3.2.7-1 liefert einen ersten allgemeinen Überblick über die **zusätzlichen Strukturelemente** der neuen taktilen kartographischen Medien im **Symbolssystem**, die, wie die Strukturelemente traditioneller taktiler kartographischer Medien (vgl. Abb. 5.3.2-1), den syntaktischen, semantischen und pragmatischen Dimensionen der Zeichenrelation von MORRIS zugeordnet worden sind.

## 1. Syntaktische Strukturelemente

Zu den syntaktischen Strukturkomponenten neuer taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem gehören in erster Linie Strukturelemente des taktilen oder virtuellen **Ausgabebereiches** der jeweiligen Medienanwendung. Zu den Strukturelementen der virtuellen taktilen Displays zählen hier u.a. Anzahl und Größe der (punktuellen) taktilen Anzeigefelder (Matrixen), die Anzahl der Stimulatoren je Matrix sowie deren Abstand und Durchmesser. Zu den Strukturelementen der taktilen Displays gehören Anzahl, Abstand und Durchmesser der beweglichen Stifte und das Format der taktilen Ausgabebläche. Weitere wesentliche Strukturkomponenten des Ausgabebereiches taktiler und virtueller taktiler Displays sind neben Auslenkung (Höhe) und Anzahl der realisierbaren Höhenstufen der beweglichen Stifte oder Stimulatoren (Braille-Punkte) auch die Auflösung und die graphische Belastung auf der taktilen Anzeigefläche (Matrix). Als eine zusätzliche syntaktische Strukturkomponente der audio-taktilen Dialogsysteme oder elektronischen Reisehilfen im Symbolsystem zählt das Format der Ausgabebläche auf dem Tasttablett. GPS-gestützte Navigationssysteme haben in Bezug auf die taktile Ausgabebläche keine syntaktischen Strukturelemente im Symbolsystem, dagegen weisen virtuelle taktile Karten die Strukturkomponenten Größe bzw. Ausgabeformat der virtuellen Ausgabebläche, Größe und Abstände des taktilen Gitters sowie die (graphische) Belastung der virtuellen Ausgabebläche in Form von der Anzahl der Attribute auf.

## 2. Syntaktisch-semantische Strukturelemente

Die Ermittlung optimaler Parameter zur auditiven Mediengestaltung mit Hilfe von **auditiven Variablen** oder zur zusätzlichen taktilen Mediengestaltung mit Hilfe von taktil wahrnehmbaren **Vibrationen** zählen zum Untersuchungsgebiet der Syntaktik, solange ausschließlich die Möglichkeiten der rein auditiven oder taktilen Gestaltung mit Klängen oder Vibrationen untersucht werden (also die Relationen der auditiven oder taktilen Wahrnehmung), ohne jedoch die sowohl gesprochenen als auch anderweitig auditiv oder durch Vibrationen dargestellten Inhalte zu betrachten.

Zum Untersuchungsbereich der Semantik zählen die sprachliche Informationsübermittlung, die Art und Weise der sprachlichen Informationsübermittlung (wie z.B. die Auswahl der jeweiligen Ausdrucks- bzw. Darstellungsmöglichkeiten [z.B. auditive Variablen, Vibrationen], die Qualität, Aktualität, Vollständigkeit oder Richtigkeit der Informationen), der Umfang des dargebotenen Informationsgehaltes sowie die möglichen Darstellungsformen als eine Art von "akustischen Darstellungsmethoden" für die thematisch eingesetzten Töne und Vibrationen.

**Vibrationen** gehören zu den neuen taktilen Variablen, die bei taktilen Displays (vgl. Tab. 3.2-1), virtuellen taktilen Displays (vgl. Tab. 3.2-2), audio-taktilen Dialogsystemen (vgl. Tab. 3.2-3) oder Teilbereichen elektronischer Reisehilfen (z.B. Atlas Speaks, MoPS, vgl. Tab. 3.2-4) zur zusätzlichen taktilen Informationsübertragung angewendet werden können. Mit Hilfe von unterschiedlichen Vibrationen, die auf einem Tasttablett erzeugt werden, können einfache Qualitäten voneinander unterschieden werden. Des Weiteren eignen sich die Vibrationen zur Charakterisierung oder Wahrnehmung von bestimmten topographischen Objekten, zur gegenständlichen Kennzeichnung von Übergängen von einem Objekt zum anderen (z.B. bei Übergängen von Wasser zu Land) oder zur konkreten Benennung von Grenzen (z.B. Staatsgrenzen). Weiterhin konnten unterschiedliche Vibrationen auch zur Unterscheidung von verschiedenen Farben bei dem virtuellen taktilen Display TIM eingesetzt werden, um die visuelle graphische Variable Farbe bestmöglich zu kompensieren. Obwohl Vibrationen bereits Anwendung in der Praxis gefunden haben, gab es bislang noch keine theoretische Auf-

stellung von so genannten Vibrations-Variablen. So könnten sich Vibrationen vorerst nach folgenden vier Charakteristika voneinander unterscheiden lassen: Vibrationsdauer, Intensität der Vibration, anschwellen und abschwellen der Intensität und Vibrations-Rhythmus. Die Charakteristika der unterschiedlichen Vibrations-Variablen sind schwer einprägsam. Daher scheint es sehr problematisch zu sein, Vibrationen zur Umsetzung von nominal- oder ordinalskalierten Daten, selbst in nur wenigen Wertegruppen, effektiv zu nutzen. Wie die Praxis belegt, wurden Vibrationen bisher in erster Linie auch nur als eine zusätzliche taktile Komponente zur redundanten Charakterisierung von topographischen Objekten und Übergängen eingesetzt. Dennoch sollten empirische Untersuchungen zukünftig Klarheit darüber schaffen, ob und inwiefern sich Vibrationen für die Datenumsetzung in neuen taktilen kartographischen Medienanwendungen eignen, da die hier geäußerten hypothetischen Feststellungen lediglich aus praktischen Anwendungsbeispielen abgeleitet, aber bislang noch nicht durch empirische Untersuchungen praktisch überprüft, bewertet und belegt worden sind.

In der Blindenkartographie werden heute nahezu alle neuen taktilen kartographischen Medienanwendungen mit auditiven Komponenten ergänzt, z.T. können diese auch als eigenständige Komponenten von großer Bedeutung sein, wie z.B. bei GPS-gestützten Navigationssystemen. Dabei müssen alle auditiven Komponenten aber „sequenziell gesendet und gehört werden, um von Menschen verstanden zu werden (DICKMANN 2004, S. 168).

Die **auditiven Variablen** (Tonvariablen) sind „nichtgraphische“ Variationen akustischer Informationen zur Mitgestaltung und Informationserweiterung vieler neuer taktiler kartographischer Medien, wie z.B. GPS-gestützte Navigationssysteme für Blinde und Sehbehinderte oder audio-taktile Dialogsysteme. Der auditiven Informationsübertragung stehen dabei theoretisch vier mögliche Erscheinungsformen in Form von einzelnen Tönen und Tonkombinationen (Tonfolgen), verschiedenen Geräuschen (z.B. Tierstimmen), Musik (z.B. Hymnen) oder der natürlichen Sprache in Form von gesprochenen Texten zur Verfügung, die im Folgenden analysiert werden sollen.

Der Einsatz auditiver Variablen in der sowohl visuellen als auch taktilen Kartographie erfordert zuallererst die Untersuchung der verschiedenen Anforderungen und Anwendungsmöglichkeiten des Tones in der Informationsübermittlung, wozu in erster Linie die Funktionen klar und eindeutig definiert werden müssen, um daraus konkrete Einsatzbereiche ableiten zu können. Nach DRANSCH (1997) übernimmt der Ton für die kartographische Animation die Funktionen der Illustration, Interpretation und Kommentierung, der Erhöhung der Lern- und Gedächtnisleistung sowie der Erregung der Aufmerksamkeit. Diese Funktionalitäten treffen soweit auch für die taktilen kartographischen Medienanwendungen zu, wobei sich Sprache (als das gesprochene Wort), einzelne Töne oder Tonfolgen, Musik und die Geräusche in jeweils unterschiedlicher Art und Weise zur Erfüllung dieser Funktionen eignen. So kann allgemein festgehalten werden, das die Sprache als die wichtigste Komponente zur Erhöhung der Lern- und Gedächtnisleistung sowie zur Interpretation und Kommentierung von Inhalten fungiert; einzelne Töne oder Tonfolgen können neben der Erregung von umgehender Aufmerksamkeit der Medienbenutzer (z.B. durch speziell ausgewählte Signaltöne) vor allem Funktionen der Interpretation und der Erhöhung der Lern- und Gedächtnisleistung erfüllen, wengleich in einem viel geringerem Maße als das gesprochene Wort; bestimmte Geräusche dienen einerseits zur Erlangung von Aufmerksamkeit und andererseits zur einfachen Illustration (z.B. mit Hilfe von Tierlauten oder Geräuschen auf dem Bauernhof), während sich Musik hauptsächlich nur zur zusätzlichen Illustration innerhalb einer Anwendung eignet.

Die Gesamtheit der zur Verfügung stehenden auditiven Variablen können sich in Abhängigkeit von einer textlichen oder nicht textlichen auditiven (Informations-) Ausgabe zum einen in die **Klangvariablen** im Sinne von KRYGIER (1994) und zum anderen in weitere auditive Variablen, die hier als **auditive Sprachvariablen** bezeichnet werden, unterteilen lassen. Bei einer textlichen Ausgabe sollen die auditiven Sprachvariablen die Parameter für die gesprochene Informationsübertragung darstellen (vgl. Abs. A), während bei einer nicht textlichen Tonausgabe die Klangvariablen als die Parameter für Ton und Rhythmus gelten (vgl. Abs. B).

## A) textliche Tonausgabe

Bei einer sprachlichen Informationsübertragung eignet sich das gesprochene Wort bei neuen taktilen kartographischen Medienanwendungen, wie audio-taktilen Dialogsystemen, elektronischen Reisehilfen oder taktilen Displays, in erster Linie zur Benennung, Beschreibung und Kommentierung der in einer taktilen Graphik dargestellten Geoobjekte sowie zur Erklärung, Erläuterung und Interpretation der thematischen Sachverhalte und Zusammenhänge des präsentierten Karteninhaltes. Des Weiteren können Texte bewertende Informationen enthalten oder konkrete Werte (Zahlenwerte) nennen. Zusätzlich kann das gesprochene Wort die Legende ergänzen oder z.T. ersetzen. Durch die akustisch erzeugte Informationsredundanz einerseits und die zusätzlichen Informationen andererseits kann die gesamte Informationsübermittlung erhöht werden.

Bei GPS-gestützten Navigationssystemen und den Anwendungsbestandteilen elektronischer Reisehilfen (z.B. Atlas Strider oder MoODS, vgl. Tab. 3.2-4) dient das gesprochene Wort in erster Linie der auditiven Weg- bzw. Routenbeschreibung. Zusätzlich können vorkommende Hindernisse, Bushaltstellen, Ampeln oder andere Besonderheiten entlang der ausgewählten Wegstrecke benannt und beschrieben werden.

Bei einer funktionalen bzw. zweckorientierten **textlichen Tonausgabe** in Form von Sprache (gesprochenes Wort) kann über verschiedene **auditive Sprachvariablen** verfügt werden, die in folgender Abbildung zusammengetragen werden sollen.

<u>AUDITIVE SPRACHVARIABLEN</u>		
<b>Sprechstimme I</b> z.B.:	<b>Sprechstimme II</b> z.B.:	<b>Timbre der Stimme</b> z.B.:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• synthetische Stimme</li> <li>• menschliche Stimme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• männlich</li> <li>• weiblich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• warme oder kalte Stimme</li> <li>• raue oder klare Stimme</li> </ul>
<b>individuelle Stimmempfindung</b> z.B.:	<b>Stimmlage</b> z.B.:	<b>Lautstärke</b> z.B.:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• angenehm</li> <li>• unangenehm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Stimme</li> <li>• tiefe Stimme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• laut</li> <li>• leise</li> </ul>
<b>Sprechgeschwindigkeit</b> z.B.:	<b>Aussprache</b> z.B.:	<b>Sprachen</b> z.B.:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• schnell</li> <li>• medium</li> <li>• langsam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit oder ohne Dialekt bzw. Akzent</li> <li>• deutliche Aussprache</li> <li>• undeutliche Aussprache</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Landessprache</li> <li>• weitere Fremdsprachen</li> </ul>

Abb. 5.3.2.7-1: Die auditiven Sprachvariablen

## B) nicht textliche Tonausgabe

Bei der **nicht textlichen Tonausgabe** stehen dem Mediengestalter neuer taktiler kartographischer Medien mehrere **Klangvariablen** zur auditiven Kodierung von bestimmten Daten und Merkmalen zur Verfügung. KRZYWICKA-BLUM (1995) führte für die Klangkarte die zwei Klangcharakteristika Tonhöhe und Tonstärke ein (vgl. ICC 1995, S. 2526 – 2529).

KRYGIER (1994) definierte dagegen die neun Klangvariablen Timbre (Klangfarbe), Tonhöhe, Lautstärke, Klangdauer, Rhythmus, Klangregister, Tonanordnung (Melodie), Zu- und Abnahme der Lautstärke und Raumlage, die sich verschiedenen Skalenniveaus zuordnen lassen (Nominal- und Ordinalskala)<sup>51</sup> und sich auf Einzeltöne oder Tonfolgen beziehen<sup>52</sup>. Bislang konnten diese Zuordnungen im Rahmen der visuellen Kartographie jedoch noch nicht durch empirische Untersuchungen vollständig überprüft oder ausgiebig bewertet und belegt werden.

Auch im Bereich der taktilen Kartographie liegen bisher nur wenige Erfahrungen für eine bestmögliche und zugleich zweckorientierte Anwendung der Klangvariablen in der Praxis vor.

<sup>51</sup> Nach KRYGIER (1994) eignet sich nur die Variable Timbre (und mit Einschränkungen die Variable Raumlage), um Nominaldaten umzusetzen. Mit allen weiteren Klangvariablen lassen sich ordinalskalierte Daten umsetzen.

<sup>52</sup> Ähnlich KRYGIER (1994) unterschied auch DRANSCH (1997) die Klangvariablen Timbre, Tonhöhe und Melodie, Lautstärke, Dauer des Tons (als Grundlage für Rhythmus und Geschwindigkeit) und die Lage des Tons im Raum, als die akustischen Komponenten der sowohl temporalen als auch nontemporalen Animation.

5. Die Struktur taktiler kartographischer Medien und ihre Merkmale

KLANG-VARIABLEN	ALLGEMEINE BESCHREIBUNG	ALLGEMEINE ANWENDUNG	BEISPIELE DENKBARER EINSATZMÖGLICHKEITEN	NOMINAL-DATEN	ORDINAL-DATEN
Timbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>die charakteristische Klangfarbe eines Tones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mit unterschiedlichen Klangfarben können Qualitäten charakterisiert und voneinander unterschieden werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zur Charakterisierung von topographischen Objekten, Bodenschätzen oder Klimazonen</li> </ul>	Ja	Nein
Tonhöhe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Höhe oder Tiefe eines Tones (Frequenz)</li> <li>beschreibt die Lage des Tones innerhalb der Oktaven</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mit der Veränderung der Tonhöhe können Quantitäten dargestellt werden</li> <li>jeder Objektklasse wird ein Ton bestimmter Höhe zugeordnet</li> <li>mit festgelegten Tonhöhen könnten u.U. auch (wenige) konkrete Zahlenwerte erfasst werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zunahme des Niederschlages: höher werden der Töne; Abnahme des Niederschlages: tiefer werden der Töne</li> <li>hohe Bevölkerungsdichte: hoher Ton; niedrige Bevölkerungsdichte: tiefer Ton</li> </ul>	Nein	Ja
Lautstärke	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lautstärke wird in dB gemessen</li> <li>Unterschiede können nach KRYGIER (1994) ab 3 dB wahrgenommen werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Veränderungen der Quantität könnten durch verschiedene Lautstärken zum Ausdruck gebracht werden</li> <li>jeder Objektklasse wird dann ein Ton bestimmter Lautstärke zugeordnet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charakterisierung der Bevölkerungsdichte oder der Niederschlagsverteilung (analog zur Tonhöhe)</li> </ul>	Nein	Ja
Klangdauer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Länge der Zeit, in der ein Ton hörbar ist</li> <li>bildet die Grundlage für das Entstehen des Rhythmus einer Tonfolge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Veränderungen der Quantität können durch unterschiedlich lange Töne veranschaulicht werden (in wenigen Wertestufen)</li> <li><i>ist für die Beschreibung dynamischer Veränderungen und zeitlicher Abläufe einsetzbar</i></li> <li><i>gibt die Dauer eines Objektzustandes wieder (bei der Animation)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charakterisierung von Bevölkerungsdichte oder Niederschlagsverteilung (analog zur Tonhöhe und Lautstärke)</li> <li><i>hat in dieser Weise keine Bedeutung für die taktile Kartographie</i></li> </ul>	Nein -	Ja -
Rhythmus	<ul style="list-style-type: none"> <li>das Verhältnis zwischen Tonlängen und Pausen</li> <li>Rhythmus wird durch die Dauer der Einzeltöne innerhalb einer Tonabfolge bestimmt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>verschiedene Qualitäten durch unterschiedliche Rhythmen.</li> <li>Erfordert eine (sehr) gute Gedächtnisleistung</li> <li><i>ist ähnlich der Klangdauer für die Beschreibung dynamischer Veränderungen und zeitlicher Abläufe einsetzbar</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zur Charakterisierung von topographischen Objekten, Bodenschätzen oder Klimazonen</li> <li><i>hat in dieser Weise keine Bedeutung für die taktile Kartographie</i></li> </ul>	Ja -	Nein -
Melodie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anordnung von Tönen, deren zeitliche Abfolge eine Melodie bildet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>verschiedene Tonfolgen werden zur Kennzeichnung verschiedener <u>Qualitäten</u> genutzt</li> <li>Kennzeichnung von <u>Quantitäten</u> durch die Länge von (gleichen oder sich wiederholenden) Tonfolgen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>unterschiedliche Vegetationszonen mit Hilfe verschiedener Melodien</li> <li>Bevölkerungsdichte in wenigen Merkmalsgruppen</li> </ul>	Ja -	- Ja
Zu- und Abnahme der Lautstärke	<ul style="list-style-type: none"> <li>das An- und Abschwelen des Tones</li> <li>bezeichnet die Zeitspanne zwischen minimaler und maximaler Lautstärke des Tones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Darstellung von Zunahme- und Abnahmeerscheinungen einer Situation in einem bestimmten Gebiet (mit den zwei Wertestufen: Zunahme und Abnahme)</li> <li>Darstellung erfolgt ohne Wertung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kennzeichnung von Gebieten mit Bevölkerungszuwachs und Bevölkerungsabnahme</li> <li>Zu- und Abnahme der Kriminalitätsrate in einem Gebiet (z.B. in einer Stadt)</li> </ul>	Ja	Nein
Klangregister	<ul style="list-style-type: none"> <li>die relative Lage einer Tonhöhe in einer vorgegebenen Tonlage</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>eignet sich nicht als Gestaltungselement für taktile kartographische Medien</i></li> </ul>	-	-
Raumlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lage eines Tones im zwei- oder dreidimensionalen (Hör-) Raum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>um einen akustischen Raumeindruck zu erzeugen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>eignet sich nicht als Gestaltungselement für taktile kartographische Medien</i></li> </ul>	-	-

Tab. 5.3.2.7-2: Die Klangvariablen und ihre denkbaren Einsatzmöglichkeiten nach KRYGIER (1994), abgeleitet und ergänzt bezüglich der Anwendungsmöglichkeiten in neuen taktilen kartographischen Medien

Es ist unerlässlich, zu untersuchen, inwieweit die Klangvariablen von KRYGIER (1994) in einer neuen taktilen kartographischen Medienanwendung nicht nur vom Ersteller (sowohl hypothetisch als auch praktisch) konstruiert, sondern auch von potentiellen Nutzern in einer Anwendung richtig aufgenommen, fehlerfrei eingepreßt, verstanden und sinnvoll genutzt werden können. Fest steht, dass Klangvariablen in der Blindenkartographie bereits vielfältig eingesetzt werden, aber dennoch keine theoretischen Fundierungen oder praktischen Erfahrungswerte aus Nutzeranalysen vorliegen. Ein Grund dafür ist wahrscheinlich, dass sich viele neue Anwendungen nach wie vor im Entwicklungsstadium befinden oder nur als vereinzelte Prototypen vorliegen.

Tabelle 5.3.2.7-2 zeigt die von KRYGIER (1994) aufgestellten Klangvariablen und ihre denkbaren auditiven Nutzungsmöglichkeiten zur Kodierung von Informationen in neuen taktilen kartographischen Medienanwendungen.

Bislang gab es weder empirische Untersuchungen noch theoretische Überlegungen, ob und inwiefern zwei oder mehrere Klangvariablen miteinander kombiniert werden können oder wie viele Kombinationsmöglichkeiten sich anbieten, um ähnlich den (taktilen) graphischen Variablen durch eine entsprechende Variablenkopplung eine für die auditive Wahrnehmung verstärkende Wirkung bei der Datenpräsentation bzw. bei der akustischen Gestaltung in neuen taktilen kartographischen Medienanwendungen zu erzielen. Des Weiteren liegen keine empirischen Untersuchungsergebnisse bezüglich der optimalen oder maximalen Längen der Klangvariablen vor. Dennoch scheint festzustehen, dass, ähnlich wie bei den taktilen graphischen Variablen, mit Hilfe von auditiven Variablenkombinationen nicht mehrere Objektmerkmale gleichzeitig wiedergegeben werden können oder gar ein zusätzliches Skalenniveau implementiert werden kann (vgl. Kap. 5.3.2.1.2).

Um eine verstärkende Wirkung der angestrebten auditiven Wahrnehmungseigenschaften zu erzeugen, könnten beispielsweise die zwei Klangvariablen Tonhöhe und Lautstärke miteinander kombiniert werden (z.B. von dunklen, leisen Tönen zu lauten, schrillen Tönen), um ordinal skalierte Daten bestmöglich zu präsentieren. Als weitere Kombinationsmöglichkeiten wären u.a. auch die Klangdauer mit der Lautstärke oder die Klangdauer mit der Tonhöhe denkbar.

Die Erscheinungsformen der auditiven Informationsübertragung in Form von bestimmten **Geräuschen** und/oder **Musik** gehören ebenfalls zur **nicht textlichen Tonausgabe**. Auch wenn unterschiedliche Geräusche bislang nicht zu den grundlegenden Gestaltungselementen innerhalb der taktilen Kartographie zählten, könnten mit ihrer Hilfe durchaus bestimmte Qualitäten oder ausgewählte topographische Objekte charakterisiert werden (z.B. bei Anwendungen mit audio-taktilen Dialogsystemen). Ebenso können Geräusche als Signaltöne fungieren, um die Aufmerksamkeit der Mediennutzer in bestimmten Situationen umgehend zu erlangen (z.B. bei GPS-gestützten Navigationssystemen). Dagegen eignet sich der Einsatz von Musik (z.B. in Form von Hymnen oder landestypischer Musik) lediglich als zusätzliches Gestaltungs- oder Informationselement für eine neue taktile kartographische Medienanwendung wie audio-taktilen Dialogsystemen mit mehreren Informationsebenen.

Zu den prägnanten Klangvariablen von Geräuschen und Musik lassen sich u.a. Lautstärke, Sound-Dauer und das An- und Abschwollen eines Sounds zählen.

### 3. Semantische Strukturelemente

Zu den allgemeinen zusätzlichen semantischen Strukturelementen neuer taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem gehören u.a. die Medienbelastung bzw. die Informationsdichte der jeweiligen Medienanwendung (wie z.B. die Informationsdichte einer virtuellen Ausgabefläche virtueller Karten, der Komplexitätsgrad und die Informationsdichte der taktilen Ausgabefläche taktiler Displays oder Inhalt und Informationsdichte einer Sprachausgabe) und die mediengerechte begriffliche Abstraktion der Inhaltselemente einer Anwendung.

Im Gegensatz zu den meisten neuen taktilen kartographischen Medienanwendungen liegen für audio-taktile Dialogsysteme bereits erste, sowohl theoretisch als auch empirisch gewonnene Untersuchungsergebnisse in Bezug auf die zusätzlichen oder speziellen Strukturkomponenten vor, die im Laufe der letzten zehn Jahre im Rahmen von mehreren Studien- und Diplomarbeiten am Institut für Kartographie der TU Dresden entstanden sind (vgl. HEIDIG 1997, HANTZSCH 1998).

Zu den zusätzlichen semantischen Strukturelementen audio-taktile Dialogsysteme zählen zum einen die Festlegung der Anzahl der Informationsebenen<sup>53</sup>, die so genannten Dialogebenen und zum anderen die in den Dialogebenen vermittelten (Karten-) Inhalte sowie die akustische Gestaltung oder Präsentation dieser Inhaltselemente. Dazu gehören die Auswahl und Zusammenstellung aller in der Anwendung auditiv zu vermittelnden Informationen in Abhängigkeit von der Funktion und der Disposition der Nutzer (Begriffsgeneralisierung, Informationsdichte innerhalb der gesamten Anwendung) und die entsprechende Anordnung und Verteilung der Informationen auf die einzelnen Ebenen (Informationsdichte innerhalb einer Dialogebene).

Mehrere Dialogebenen<sup>54</sup> wurden in audio-taktile Dialogsysteme eingeführt; zunächst, damit ein und dieselbe Kartengrundlage Auskünfte zu mehreren Themengebieten (z.B. in Geographie, Geschichte und Wirtschaft) geben kann; ferner, damit ein und dem selben taktilen graphischen Objekt gleichzeitig unterschiedliche Informationen zugewiesen werden können; und nicht zuletzt, damit zu einer bestimmten Thematik mit jeder weiteren Dialogebene aufeinander aufbauende und sich ergänzende Informationen dem Nutzer angeboten werden können. Im zuletzt genannten Fall sollte grundsätzlich darauf geachtet werden, dass mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Dialogebenen alle Informationen systematisch vom Einfachen zum Besonderen hin aufeinander aufbauend und sich ergänzend vermittelt werden.

In ersten Nutzertests konnte HANTZSCH (1998) wichtige Erkenntnisse über die optimale Anzahl von Dialogebenen sowie zu Umfang und ausformulierter Länge der dargebotenen Informationen in einem audio-taktilen Dialogsystem gewinnen. So stellte sie fest, dass die Testteilnehmer Informationen, die in drei bis fünf Dialogebenen dargeboten wurden, gut handhaben konnten, wobei fünf Ebenen von allen Befragten als ein Maximum und drei Ebenen als ein Optimum der Informationsdarbietung angesehen wurden. In etwa 80 % der Befragten sprachen sich für eine Darbietung der Informationen in kurzen aussagekräftigen Sätzen (Anstelle von knappen Stichpunkten) aus.

---

<sup>53</sup> Durch die Möglichkeit, detaillierte und spezifische Informationen zu einer bestimmten Thematik mit Hilfe von mehreren Dialogebenen akustisch präsentieren zu können, kann das Defizit der fehlenden visuellen Wahrnehmung und den sich damit ergebenden eingeschränkten Gestaltungsmöglichkeiten für taktile Abbildungen zum Teil ausgeglichen werden.

<sup>54</sup> Für die Dialogebenen muss immer ein spezielles graphisches Objekt als Umschaltobjekt eingerichtet werden.

#### 4. Pragmatische Strukturelemente

Zu den pragmatischen Komponenten aller neuen taktilen kartographischen Medien gehört vor allem eine logisch strukturierte, nutzerangepasste bzw. nutzerorientierte **Mediengestaltung**, die über eine einfache und schnell erlernbare Bedienungsmöglichkeit verfügen sollte und u.U. einfache, einführende Beispiele und Übungen zum richtigen Umgang mit der jeweiligen neuen taktilen kartographischen Medienanwendung enthält. Vor allem (Lern-) Programme sollten immer ein lineares und hierarchisches Navigieren ermöglichen. Zudem müssen alle Anwendungen auf das Wesentliche konzentriert sein.

Eine weitere wichtige pragmatische Komponente stellt die Erstellung einer plausiblen **Nutzungsanleitung**, die immer als Ausdruck in Braille-Schrift, Schwarzschrift und/oder als akustische Aufnahme vorliegen sollte.

Einige neue taktile kartographische Medienanwendungen verfügen über die zusätzliche Möglichkeit, ein oder mehrere **Ausschnittsvergrößerungen** (Zoomfunktionen) den Anwendern bereitzustellen. Neben der Festlegung eines für die Anwendung geeigneten Ausgangsmaßstabsbereiches müssen hier weitere geeignete Zoomfaktoren ausgewählt werden, sofern keine stufenlose Zoommöglichkeit gewährleistet wird.

Eine weitere wichtige pragmatische Strukturkomponente audio-taktile Dialogsysteme und elektronischer Reisehilfen stellt die **äußere Gestaltung des Kartenblattes** der taktilen Display-Auflage mit der Anordnung der traditionellen Kartenelemente, wie z.B. Kartentitel, Maßstabsangabe, Maßstabsleiste, Vergleichsmaßstab, Nordpfeil, Kartenrahmen und Gradnetz sowie den zusätzlichen graphischen Elementen, wie z.B. der Kennung der Graphik, die stets am Kartenrand angebracht werden sollte, um mit Hilfe eines Kartenrahmens gut, sicher und schnell auffindbar zu sein, der Ebenenkennung mit Umschaltelement<sup>55</sup> oder einem zusätzlichen taktilen Hilfe-Feld mit hinterlegten akustischen Information zur Nutzung der Anwendung dar.

HANTZSCH (1998) konnte mit Hilfe von Nutzertests und Befragungen grundlegende Erkenntnisse über die optimale Gestaltung dieser zusätzlichen graphischen Elemente, den geeignetsten Darstellungsgrößen und der bestmöglichen Platzierung auf dem taktilen Kartenblatt gewinnen. So stellte sie fest, dass die Bedienung des Umschaltelementes erheblich erleichtert wird, wenn die Anordnung der Dialogebenen-Felder immer von oben nach unten erfolgt, da die Tastrichtung i.A. der normalen Leserichtung, nämlich von oben nach unten und von links nach rechts, entspricht. Zusätzlich sollte ein Punkt das Schaltfeld der Ebene Null, der Ausgangsebene, markieren. Des Weiteren zeigte sich, dass eine direkte Platzierung des Umschaltelementes unterhalb von Kartentitel- und Maßstabsangabe für eine sichere Identifizierung und das schnelle Auffinden als ungünstig erwies, während sich eine Anordnung im rechten oberen Kartenrand als weitaus günstigere Lösung herausstellte. Als eine weitere Notwendigkeit stellte sich die Erschaffung einer schnellen Abrufmöglichkeit des jeweiligen Ebeneninhaltes heraus, damit sich die Nutzer nicht zusätzlich die Gliederung der auditiven Informationsdarbietung einprägen müssen. Zu diesem Zweck wurde das Umschaltobjekt um jeweils ein weiteres rechteckiges Feld erweitert, das dem Nutzer kurz und knapp die Informationen zum Inhalt der jeweiligen Ebene nennt (vgl. Abb. 5.3.2.7-2).

<sup>55</sup> Um von der aktuell eingestellten Dialogebene auf eine andere Ebene zu gelangen, muss innerhalb der Abbildung ein besonderes graphisches Objekt, ein sogenanntes Umschaltobjekt, erstellt werden (LÖTZSCH 1995).

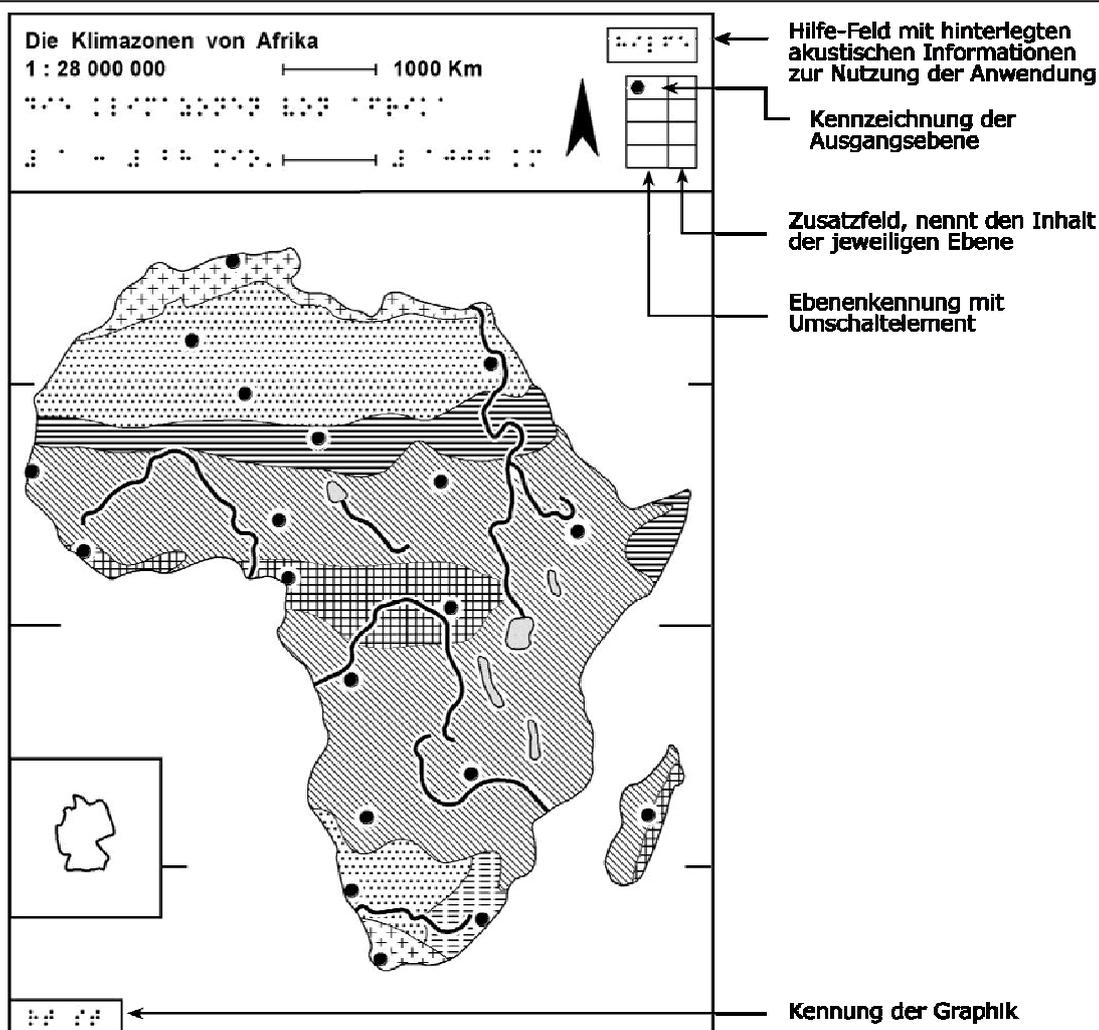


Abb. 5.3.2.7-2: Die äußere Gestaltung des Kartenblattes einer audio-taktile Karte (GEIGER 2001)

Oftmals wird bei einer audio-taktile Medienanwendung auf den Einsatz von Kartenschrift<sup>56</sup> innerhalb der taktilen graphischen Darstellung komplett verzichtet und sich nur auf die Angabe des Kartentitels auf dem Kartenblatt beschränkt.

<sup>56</sup> Die Abbildungen werden vereinfacht, indem der viel Platz einnehmende Text in Blindenschrift, welcher ein zur Graphik zusätzlich zu ertastendes Objekt darstellt, entfällt. An seine Stelle tritt eine akustische Präsentation von Informationen. Die Komplexität der Karte wird verringert und die Wahrnehmung der taktilen Graphik verbessert. Eine Beziehung zwischen dem ertasteten Objekt und dem erläuternden gesprochenen Text kann in eindeutiger Weise hergestellt werden. Es gibt keine Zuordnungsschwierigkeiten, da Tast- und Hörsinn parallel eingesetzt werden. Gleichzeitig wird mehr Platz für taktile Symbole geschaffen und die Karte gewinnt an Übersichtlichkeit. Das erleichtert die Kartenauswertung, unterstützt gleichzeitig das Erinnerungsvermögen und wirkt sich positiv auf den Lerneffekt aus. Durch den so ermöglichten Dialog zwischen Mensch und Computer erlangen alle Nutzer eine Unabhängigkeit von sehenden Helfern.

## 6 Wechselwirkung von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien

Aufgrund der vorangegangenen theoretischen Untersuchungen der Strukturkomponenten und Funktionalitäten traditioneller und neuer taktiler kartographischer Medien ist es nun möglich, bestehende **Wechselwirkungen** zwischen Struktur und Funktion, die in Form von beiderseitigen Abhängigkeiten oder gegenseitigen Beeinflussungen auftreten, zu analysieren. Zu Beginn dieser Analyse sollen die (Haupt-) **Determinanten<sup>1</sup> von Struktur und Funktion** (vgl. Kap. 6.1) sowie die Komponenten des taktilen kartographischen Modellierungsprozesses (vgl. Kap. 6.2) zusammengetragen und gegenüber gestellt werden, bevor in Kapitel 6.3 die konkreten Beeinflussungen der Funktion durch Strukturkomponenten und analog das Verhältnis und die Beeinflussung von Komponenten der Struktur durch die Funktion theoretisch untersucht werden. Gleichzeitig soll der konkrete Einfluss der kartographischen Disposition der Nutzer auf die Festlegung der varianten Funktionen einerseits und die Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung andererseits erörtert werden.

### 6.1 Die Determinanten von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien

PÁPAY (1973) entwickelte das erste (und derzeit einzige) Modell der **Hauptdeterminanten** von Struktur und Funktion visueller kartographischer Medien<sup>2</sup> (vgl. Abb. 6.1-1). Danach bilden die Objektmerkmale der georäumlichen Wirklichkeit, als die in den Medien modellierte Wirklichkeit mit dem Wesen, Charakter und den Struktureigenschaften des Originals, die **primäre Determinante der Struktur**. Die **sekundäre Determinante der Struktur** stellt die Funktion der kartographischen Medien dar, d.h. die Struktur wird durch die Funktion entscheidend geprägt und mitbestimmt. Zu einer weiteren Determinante der Struktur zählen die Kenntnisse der Modellierer, insbesondere deren Kenntnisse über die Modellierungsgesetze<sup>3</sup> in der Kartographie, die Objektmerkmale und nicht zuletzt über die gegebenen ökonomischen Gesichtspunkte und technischen Rahmenbedingungen für Kartenhersteller und Kartennutzer. Die **primäre Determinante der Funktion** kartographischer Medien bildet die kartographische Disposition der Nutzer, während die Struktur als die **sekundäre Determinante der Funktion** gilt. „Nicht nur die Funktion ist eine Determinante der Struktur, sondern auch die Struktur eine solche der Funktion“ (PÁPAY 1973, S. 235).

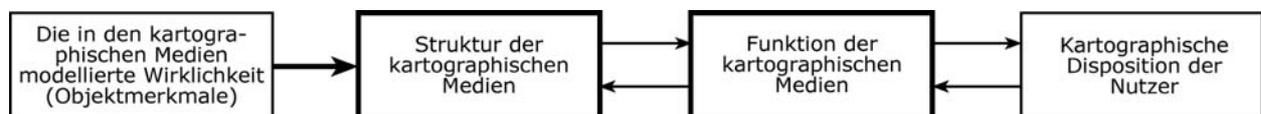


Abb. 6.1-1: Die Hauptdeterminanten von Struktur und Funktion nach PÁPAY (1973), leicht verändert

Dieses nun schon fast klassische Modell von PÁPAY (1973) soll im Folgenden überprüft und ggf. auf die heutigen taktilen kartographischen Medien angewandt werden. Dazu sollen in den zwei folgenden Abschnitten weitere Determinanten von Struktur und Funktion von so-

<sup>1</sup> Der Begriff Determinante wird hier und im Folgenden mit der Bedeutung: „Bedingungen bzw. Faktoren, die einen Prozess oder ein Geschehen (z.B. eine Entwicklung) bestimmen“ verwendet (HÄCKER & STAFF 2004, S. 196).

<sup>2</sup> Bei jeder kartographischen Darstellungsform im Sinne von PÁPAY (1973) handelt es sich um ein kartographisches Medium (vgl. Kapitel 2).

<sup>3</sup> „Der kartographischen Modellierung liegt die Anwendung nachstehender Modellierungsprinzipien zugrunde: bestimmte mathematische Regeln, die durch Kartennetzentwurf und Maßstab bzw. mathematisch-logischen Aufbau des kartographischen Modells überhaupt ausgedrückt werden; Verfahren der wissenschaftlichen Verallgemeinerungen und Abstraktionen bei den methodisch-theoretischen Grundlagen der kartographischen Generalisierung, die den mathematischen und graphischen sowie den begrifflichen Bereich betreffen; spezielle Systeme von Zeichen, Kartenzeichen benannt, die unter semiotischen und systemtheoretischen Aspekten geschaffen sind.“ (OGRISSEK 1983, ABC Kartenkunde, Stichwort: kartographische Modellierung, S. 324)

wohl traditionellen als auch neuen taktilen kartographischen Medien zusammengetragen, analysiert und dem seither nicht weiterentwickelten Modell von PÁPAY (1973) hinzugefügt werden.

### 6.1.1 Die Determinanten der Struktur taktiler kartographischer Medien

PÁPAY'S (1973) erste Ansätze zur Benennung der (Haupt-) **Determinanten der Struktur** visueller "kartographischer Darstellungsformen" berücksichtigen lediglich die Strukturkomponenten der traditionellen visuellen kartographischen Medien. Für den Gesamtbereich der visuellen und taktilen sowohl traditionellen als auch neuen kartographischen Medien gibt es jedoch weitere determinierende Faktoren der Struktur, die von PÁPAY (1973) zum damaligen Zeitpunkt noch nicht berücksichtigt worden sind. Wenngleich visuelle kartographische Medien nahezu die gleichen und/oder ähnlichen Determinanten der Struktur aufweisen wie die taktilen kartographischen Medien, sollen im folgenden Abschnitt ausschließlich die determinierenden Faktoren der Struktur taktiler kartographischer Medien ermittelt und im ursprünglichen Modell von PÁPAY (1973) ergänzt werden.

Bei Betrachtung des allgemeinen graphischen Strukturmodells taktiler kartographischer Medien (vgl. Abb. 5.2-1) fällt zunächst auf, dass die von PÁPAY (1973) ermittelten Determinanten der Struktur visueller kartographischer Medien in erster Linie die Strukturelemente determinieren, die dem Medienaspekt Symbolsystem<sup>4</sup> angehören. So determinieren die **Objektmerkmale**, als die primäre Determinante der Struktur und die **Kenntnisse der Modellierer** (vorwiegend Kenntnisse über die Objektmerkmale und die Modellierungsgesetze) die Strukturelemente graphische Gestaltung, Komplexität, kartographische Abstraktion, Maßstab und nicht zuletzt die Kartenblattgestaltung des Medienaspektes Symbolsystem. Zusätzlich werden Strukturelemente des Medienaspektes Symbolsystem von den Darstellungseigenschaften bzw. den taktilen graphischen **Darstellungsmöglichkeiten** auf dem zur Verfügung stehenden Daten- oder Zeichenträger (d.h. auf dem Ausgabegerät und/oder Trägermaterial) determiniert.

Die **Funktion**, als die sekundäre Determinante der Struktur, bestimmt nicht nur die Strukturelemente des Medienaspektes Symbolsystem, sondern darüber hinaus auch die Strukturelemente der zwei Medienaspekte Hardware und Software.

Ferner gibt es weitere Determinanten der Struktur, welche die Strukturelemente der Medienaspekte Hardware und Software maßgeblich mitbestimmen. So determiniert die **Art der Datenausgabe**<sup>5</sup> das Strukturelement Form im Medienaspekt Hardware als die materielle Erscheinungsform des Mediums. Gleichzeitig stellen die speziellen **Kenntnisse der Modellierer** über die ökonomischen Gesichtspunkte eines Vorhabens sowie über die zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten der Institution eine wesentliche Determinante des Strukturelementes Form im Medienaspekt Hardware dar. Weiterhin bestimmt die **Art der Datenausgabe** die Form eines taktilen kartographischen Mediums in Bezug auf seine mediale Umgebung, die Medienerscheinung sowie die Abbildungs- und Repräsentationsformen maßgeblich mit, die in diesem Fall den Strukturelementen des Medienaspektes Software angehören. Weitere Determinanten der Struktur bilden die **angesprochenen Sinnesmodalitäten** (Sinneskanäle) sowie die Art und Anzahl der **eingesetzten Medienbausteine** (vgl. Monomedien, Dualmedien, Multimedia; Kap. 2.1.1), die in erster Linie das Strukturelement Form des Medienaspektes Software bezüglich seiner medialen Unterstützung<sup>6</sup> mitbestimmen. Gleichzeitig determinieren die angesprochenen Sinnesmodalitäten und die eingesetzten Medienbausteine auch die Strukturelemente des Medienaspektes Symbolsystem.

---

<sup>4</sup> Die Termini der vier Medienaspekte Hardware, Software, Symbolsystem und Botschaft, die ein taktilen kartographisches Medium nach ihrer Beschaffenheit segmentieren, wurden in Kapitel 3.2.2 neu eingeführt und erläutert.

<sup>5</sup> Mit der Art der Datenausgabe ist die Art des Ausgabegerätes (d.h. welches Gerät) und/oder die Art des Zeichenträgers (d.h. welches Trägermaterial) gemeint.

<sup>6</sup> Die mediale Unterstützung erfolgt durch eine nutzerorientierte Einbindung von Text-, Sprach- Ton-, Geräusch- oder Graphikkomponenten.

Abbildung 6.1.1-1 ordnet alle Determinanten der Struktur den Medienaspekten zu, deren Strukturelemente durch sie maßgeblich bestimmt (bzw. determiniert) werden.

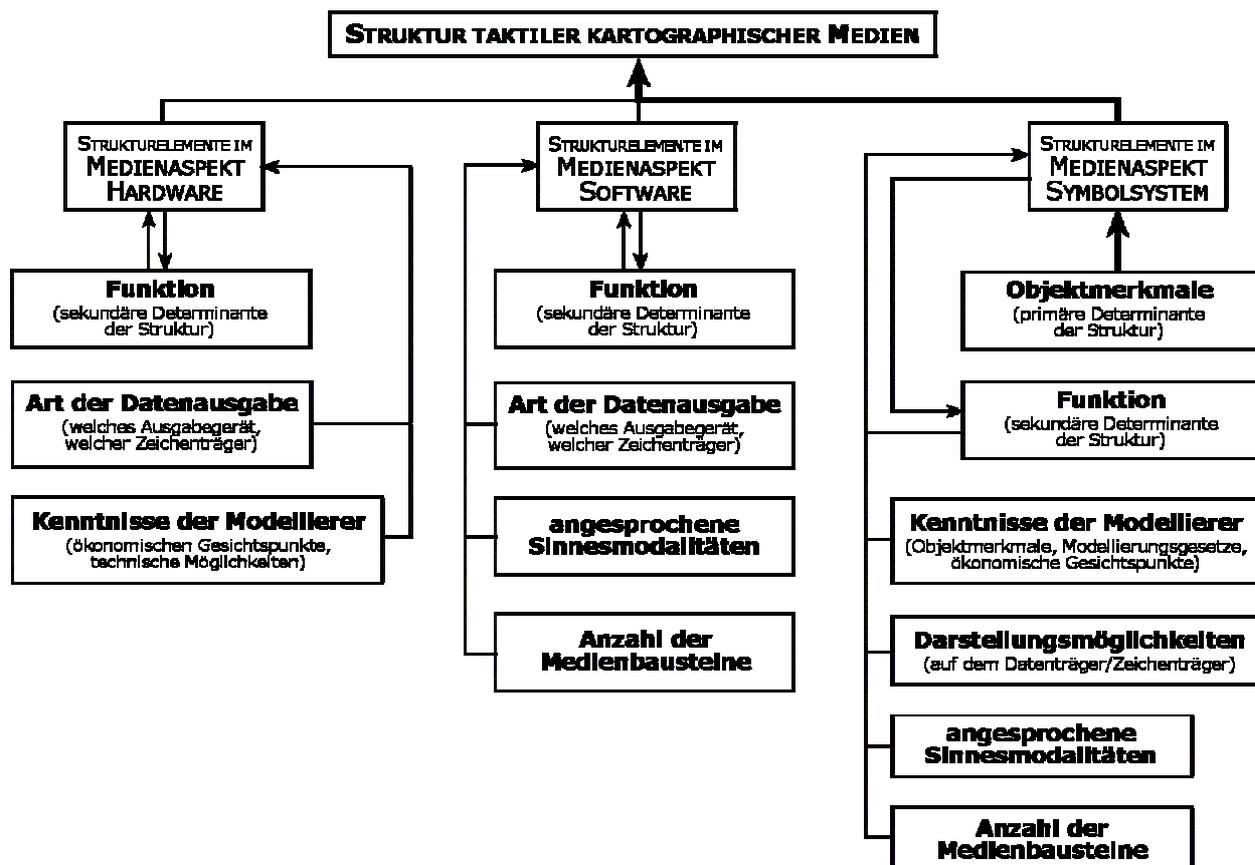


Abb. 6.1.1-1: Die Determinanten der Struktur taktiler kartographischer Medien

### 6.1.2 Die Determinanten der Funktion taktiler kartographischer Medien

Vergleichbar der visuellen Kartographie sind die Funktionen taktiler kartographischer Medien von Umfang und Niveau des zu übermittelnden Stoffes sowie von den technischen Hilfsmitteln abhängig. Ziel des folgenden Kapitels soll es daher sein, die determinierenden Faktoren der Funktionen taktiler kartographischer Medien ausführlich zu untersuchen.

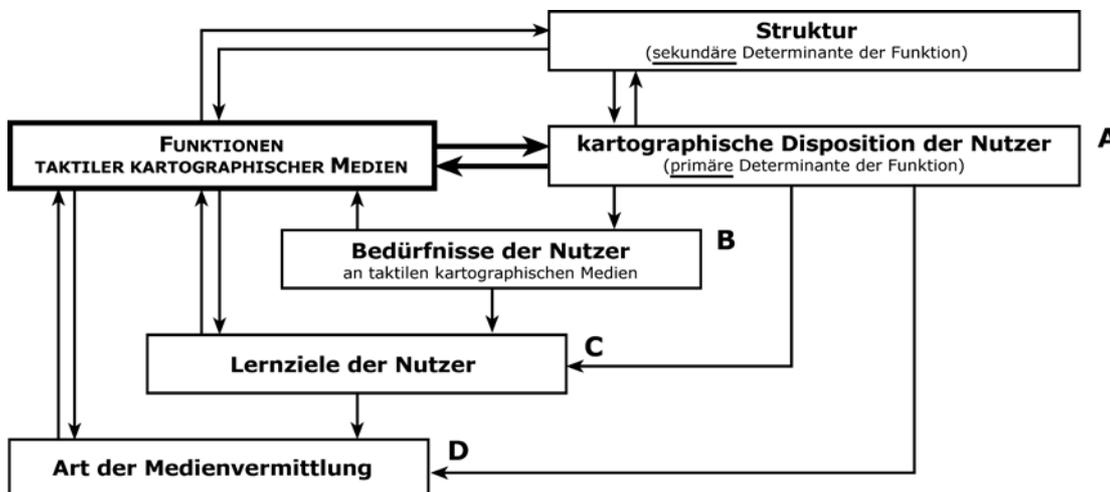


Abb. 6.1.2-1: Die Determinanten der Funktion taktiler kartographischer Medien

Neben der kartographischen **Disposition** (Fähigkeit, Umsetzungsvermögen) der Benutzer müssen die verschiedenen **Lernziele**, die **Art der Medienvermittlung** sowie die Kenntnisse über die unterschiedlich ausgeprägten **Bedürfnisse** an taktilen kartographischen Medien, die wiederum zur Entstehung neuer Funktionen führen, genau erfasst werden. Eine weitere Determinante, wenn auch keine Hauptdeterminante der Funktion, stellt die **Struktur** taktiler kartographischer Medien dar, die in Kapitel 5.3 in Form einer Strukturanalyse bereits ausführlich untersucht worden ist. Abbildung 6.1.2-1 zeigt die Determinanten der Funktion und kennzeichnet (abgesehen von der Struktur) ihre hierarchische Ordnung von A bis D.

### A) Die kartographische Disposition der Nutzer

Eine Analyse der Funktion ergibt sich neben der primären Fragestellung: "Was wollen die Anwender?" auch aus der grundlegenden Frage: "Wozu sind sie in der Lage?".

Nach PÁPAY (1973) wird die Entwicklung der Funktionen in erster Linie durch die Entwicklung der **kartographischen Disposition** der Nutzer, die als die **primäre Determinante der Funktion** gilt, bedingt (vgl. Abb. 6.1.2-1). Die Erforschung der kartographischen Disposition der Nutzer trägt allgemein zur Verbesserung des Übermittlungsprozesses kartographischer Informationen bei, d.h. die kartographische Disposition der Benutzer kann als das wesentliche Kriterium zur Erarbeitung einer optimalen graphischen Struktur und eines optimalen Inhaltes dienen (vgl. Abb. 6.1.2-1). Um den Einfluss der individuellen Disposition sehgeschädigter Kartennutzer auf die Funktionen taktiler kartographischer Medien genau analysieren zu können, soll nun eine erste Klassifikation nach den Merkmalen, von denen die individuelle kartographische Disposition der Nutzer mitbestimmt wird, erfolgen.

Besonders in der taktilen Kartographie sind die **Dispositionen** der blinden und sehbehinderten Medienbenutzer in ihrer Gesamtheit sehr unterschiedlich und damit sehr vielfältig und individuell ausgeprägt. Sie lassen sich auf Grundlage von sowohl **veränderbaren** als auch **unveränderbaren Kriterien**, welche die Disposition der Nutzer jeweils individuell beeinflussen, klassifizieren. Diese Kriterien sollen im folgenden Ansatz zusammengestellt werden.

Die für die jeweiligen Nutzer **unveränderbaren** und damit unbeeinflussbaren Kriterien der kartographischen Disposition lassen sich nach dem Zeitpunkt beim Eintritt der Sehbehinderung, nach dem Grad der Sehbehinderung und nach dem momentanen Alter der Mediennutzer unterteilen und beschreiben so die **physischen Merkmale** bzw. Eigenschaften einer Zielgruppe (vgl. Abb. 6.1.2-2).

Taktile Karten sind im Allgemeinen um ein Vielfaches abstrakter ausgeprägt als visuelle kartographische Darstellungen. Bezüglich der Ikonizität lassen sich daher verschiedene Betrachtungsstandpunkte erkennen. Die Beurteilung und Einschätzung des Nutzers, ob ein taktiler Kartenzeichen als ikonisch oder symbolisch gilt, wird in erster Linie durch den **Grad der Sehbehinderung** bestimmt. Von einem sehenden Betrachter einer taktilen Karte können die verwendeten taktilen Kartenzeichen, die in ihrer Grundstruktur stark vereinfacht sind aber dennoch den visuellen Signaturen ähneln und Übereinstimmungen mit ihrem Darstellungsobjekt aufweisen, als ikonisch eingeschätzt werden. Aus dem Betrachtungsstandpunkt eines (stark) sehbehinderten oder blinden Kartenbenutzers können die gleichen Kartenelemente als nicht ikonisch beurteilt werden. Für Blinde (und z.T. stark Sehbehinderte) bestehen im Gegensatz zu Sehenden generell keine visuell-anschaulichen Beziehungen zwischen realen Objekten und den taktilen graphischen Ausdrucksmitteln (vgl. Kap. 5.3.2.1.3, Abs. D). Dieses Beurteilungsvermögen wird von weiteren unveränderbaren Kriterien, wie z.B. dem **Zeitpunkt beim Eintritt der Sehbehinderung**, mit beeinflusst. Im Gegensatz zu Späterblindeten verfügen Geburtsblinde oder sehr früh Erblindete über keinerlei Vorstellungs- bzw. Erinnerungsvermögen an visuelle Karten und deren abgebildeten Objekte.

In Abhängigkeit von Intelligenz, Auffassungsgabe, Übung, Bildungsgrad, Konzentrationsvermögen und den individuellen Fähigkeiten jedes einzelnen Benutzers, müssen die aufgenommenen Sinneseindrücke einer taktilen Abbildung vom Gehirn in bedeutungshaltige Informationen über die georäumliche Wirklichkeit umgewandelt werden. Dabei ist das richtige Verstehen einer taktilen Karte immer eine persönliche Erfahrung. Das individuelle Leistungsvermögen blinder und sehbehinderter Personen, wie z.B. die Fähigkeit des Erkennens

und Zuordnens von taktilen Kartenzeichen, das Beherrschen der Punkt­schrift oder bereits erlangte geographische Kenntnisse, nehmen dabei einen entscheidenden Einfluss auf die Fähigkeit, taktile Abbildungen sinnvoll und zweckentsprechend benutzen zu können. Zudem leben die Nutzer in unterschiedlichen sozialen Umgebungen und können dadurch ungleiche Vorkenntnisse, Zuneigungen und Erfahrungen im Umgang mit taktilen kartographischen Medien aufweisen. Überdies sind sie unterschiedlich stark motiviert.

Die von den Nutzern **veränderbaren** und damit beeinflussbaren Kriterien der kartographischen Disposition spiegeln also das sowohl **intellektuelle Niveau** als auch das **individuelle Nutzerverhalten** hinsichtlich der Benutzung taktiler kartographischer Medien wider. Darüber hinaus werden sie von den zuvor genannten unveränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition stark mitbestimmt.

Zum einen können die Erfahrungen im Umgang mit taktilen kartographischen Medien, die Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit sowie der jeweilige Bildungsgrad der Mediennutzer primär durch die (Aus-) Bildung (in der Schule) geprägt werden, zum anderen lassen sich individuelle Leistungen und Fähigkeiten, persönliches Interesse sowie emotionale Aspekte der Mediennutzer durch die (Ver-) Änderung von persönlichen Meinungen und Einstellungen gegenüber dem taktilen kartographischen Medium einerseits sowie durch deren jeweiliges Leistungsvermögen und Intellekt andererseits stark beeinflussen.

**KRITERIEN DER KARTOGRAPHISCHEN DISPOSITION  
VON BLINDEN UND SEHGESCHÄDIGTEN**

**1. unveränderbare Kriterien:**

ZEITPUNKT DES EINTRITTS DER SEHBEHINDERUNG	GRAD DER SEHBEHINDERUNG	ALTER DER MEDIENNUTZER
<ul style="list-style-type: none"> <li>geburtsblind</li> <li>früherblindet</li> <li>späterblindet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grad der Sehbehinderung von leicht sehbehindert, hochgradig sehbehindert bis hin zur Amaurose (völlige Blindheit)</li> <li>Umfang des Restsehvermögens</li> <li>Mehrfachbehinderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alter der Mediennutzer</li> <li>Klassenstufe</li> <li>Schulform (Grund-, Haupt-, Realschule, Gymnasium, Integrations-schüler)</li> </ul>

**2. veränderbare Kriterien:**

**A) bedingt durch (Aus-) Bildung**

ERFAHRUNGEN MIT TAKTILEN KARTOGRAPHISCHEN MEDIEN	KENNTNISSE ÜBER DIE DARGESTELLTE WIRKLICHKEIT	BILDUNGSGRAD DER NUTZER
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kennen taktiler kartographischer Medien (t.k.M.)</li> <li>allg. (Vor-) Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung</li> <li>praktische Erfahrungen im Umgang mit t.k.M.</li> <li>Umfang der praktischen Erfahrungen im Umgang mit t.k.M.</li> <li>Genauigkeit beim Tasten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>allgemeine Orientierung und Mobilität</li> <li>Umweltwahrnehmung</li> <li>Kenntnisse über den geographischen Raum</li> <li>internes Abbild der dargestellten Wirklichkeit (kognitive Karte)</li> <li>gedankliche Einordnung einer Karte in den geographischen Raum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>höchster Schul- bzw. Bildungsabschluss</li> <li>Beherrschung der Punkt­schrift</li> <li>Beherrschen von Schreibtechnik (Schreibmaschine schreiben, beherrschen der Computertastatur mit Braille-Zeile)</li> <li>allgemeine Computerkenntnisse</li> </ul>

**B) bedingt durch Intellekt, Meinungen und Einstellungen**

LEISTUNGEN	INTERESSE	EMOTIONALE ASPEKTE
<ul style="list-style-type: none"> <li>schulische Leistungen</li> <li>allgemeines Arbeitverhalten</li> <li>Konzentration/Aufmerksamkeit</li> <li>Belastbarkeit</li> <li>Auffassungsgabe</li> <li>Gedächtnisleistung/Merkfähigkeit</li> <li>Vorstellungsvermögen</li> <li>Gedankenaufbau</li> <li>Lern- und Arbeitstempo</li> <li>Fähigkeit des Erkennens und Zuordnens taktiler Kartenzeichen</li> <li>Dekodierungsgeschwindigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>generelles Interesse an t.k.M.</li> <li>besonderes Interesse an Mobilitäts- und Orientierungsplänen, an topographischen Karten, an thematischen Karten</li> <li>Arbeit mit t.k.M. allgemein mögen oder nicht mögen</li> <li>Bereitschaft zur Nutzung t.k.M.</li> <li>Bevorzugtes Ausgabematerial (Schwellpapier, PVC-Folie, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>individuelle Ziele der Mediennutzer (u.a. bestimmt durch persönlichen Ehrgeiz, Leistungswille, Interesse, Zwänge, Erwartungen)</li> <li>Motivation der Mediennutzer</li> <li>Emotionen gegenüber dem taktilen kartographischen Medium (positiv oder negativ)</li> <li>allgemeine Akzeptanz t.k.M.</li> </ul>

Abb. 6.1.2-2: Kriterien, von denen die kartographische Disposition der Nutzer bestimmt werden

Wie aus der Abbildung 6.1.2-2 abzuleiten ist, wird die kartographische Disposition der Nutzer in erster Linie von den physischen Merkmalen und Eigenschaften der jeweiligen Ziel-

gruppe und in Abhängigkeit davon von dem individuellen Nutzerverhalten sowie dem intellektuellen Niveau mitbestimmt, wobei sich alle Kriterien auch untereinander z.T. stark beeinflussen können und einander bedingen. In Abhängigkeit von den unveränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition wird beispielsweise das individuelle Leistungsvermögen u.a. durch die Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit sowie den Bildungsgrad bedingt und muss durch den Einsatz von entsprechend (didaktisch) aufbereiteten kartographischen (Lern-) Medien ausgeglichen werden. Das heißt, all diese Kriterien nehmen direkten Einfluss auf die (vorbestimmte) Funktion taktiler kartographischer Medien und müssen daher bei der taktilen Kartengestaltung und -herstellung von Anfang an so gut wie möglich mit berücksichtigt werden (vgl. Kap. 6.3), wengleich eine optimale nutzerangepasste, z.T. individuelle taktile Kartengestaltung sehr aufwendig und vor allem sehr kostspielig ist!

Bei der Auswahl, Verarbeitung und Aufbereitung von der Gesamtmenge der zur Verfügung stehenden Informationen muss unbedingt berücksichtigt werden, dass die verschiedenen Nutzergruppen über jeweils unterschiedliche Bedürfnisse, Vorstellungen und Wünsche bezüglich des Karteninhaltes und der entsprechenden Darstellung verfügen. Dennoch bleibt die endgültige Auswahl der Inhalte bzw. Inhaltselemente immer subjektiv. „Die Heranziehung der artikulierten Ansprüche eines Fachwissenschaftlers und gegebenenfalls des Auftraggebers, bzw. die Erforschung der nicht artikulierten Benutzerwünsche zur Auswahl und Aufbereitung der Informationen hat das Ziel, diese Lücken möglichst klein zu halten“ (UÇAR 1979, S. 19). Vor allem in der taktilen Kartographie besitzt diese Feststellung einen sehr hohen Gültigkeitsgrad.

Besonders in der taktilen Kartographie hat der Kartograph oft unklare Vorstellungen über die realen Verständnis- und Aufnahmefähigkeiten der verschiedenen sehbehinderten Nutzergruppen. So ist es sehr schwer, die durchschnittlichen Fähigkeiten zur Informationsaufnahme und/oder die speziellen Bedürfnisse der unterschiedlichen Nutzergruppen exakt festzustellen. Dadurch ist es wiederum sehr schwierig, bei der Kartengestaltung die möglichen Dispositionen der Benutzer richtig zu berücksichtigen. Vielmehr werden die eigenen Vorstellungen über die wahrscheinliche bzw. mögliche Disposition der zukünftigen Nutzer zugrunde gelegt, die z.T. auf eigenen oder angeeigneten Erfahrungswerten und/oder bereits erstellten Benutzeranalysen beruhen (vgl. Kap. 6.4).

Die sehr individuell ausgeprägten Dispositionen der blinden und sehbehinderten Medienbenutzer bekräftigen die Tatsache, dass es vor allem in der taktilen Kartographie keine absolute Erfolgs- und Wirksamkeitsgarantie für die Erstellung von taktilen kartographischen Medien, die der perfekten (vollkommenen) Lern- und Wissenserweiterung dienen sollen, geben kann, wengleich seit nunmehr vier Jahrzehnten stetig an der Entwicklung und Optimierung von taktilen Lern- und Orientierungsmedien, die sowohl den Fähigkeiten der Benutzer entsprechen als auch ihren Zweck erfüllen sollen, gearbeitet wird (vgl. u.a. BRAMBRING & LAUFENBERG 1979, MÖLLER 1985, MOHR 1993, ESPINOSA, UNGAR, OCHAÍTA, BLADES & SPENCER 1998). Dennoch steht fest, dass die kartographische Disposition zu den bestimmenden Faktoren gehört, die auf die Konzipierung taktiler kartographischer Medien einwirken. Als primäre Determinante der Funktion nimmt sie direkten Einfluss auf die Kommunikations-, Erkenntnis- und Orientierungsfunktion sowie auf die Sozialisationsfunktionen (vgl. Kap. 4.2).

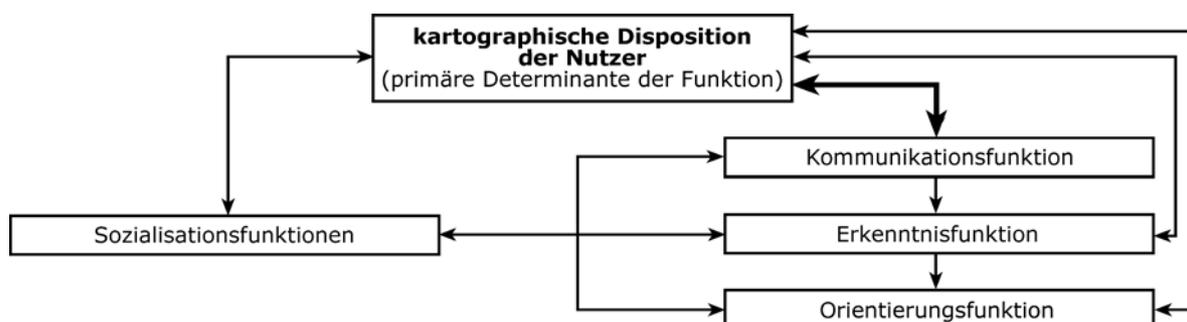


Abb. 6.1.2-3: Einfluss der kartographischen Disposition auf die Funktionen

Aufgrund der Vielfalt an veränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition, welche auch gegenseitig aufeinander Einfluss nehmen, stellt sich die Verfolgung des **Nutzerverhaltens** als ein endloser dynamischer Prozess dar. Nach MENG (2002) sollten grundsätzlich die allgemeinsten Nutzerverhalten in Bezug auf deren repräsentativsten Merkmale gruppiert werden, um daraus die entsprechenden Benutzerstereotypen herauszukristallisieren. Sich „auf die allgemeinen Nutzerverhalten zu konzentrieren schützt einerseits vor dem „Ertränken“ in unnötigen Einzelheiten und hilft andererseits dem System, die **generelle Nutzererwartung** besser zu erfüllen“ (S. 7). Dieser Grundsatz trifft gleichermaßen auf die taktile Kartographie zu.

In Abhängigkeit von den (vorbestimmten) Funktionen beeinflussen die veränderbaren und unveränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition der Nutzer u.a. die Auswahl der Themen, die in den taktilen kartographischen Medien dargestellt werden sollen, die Art und Weise der graphischen Präsentation der georäumlichen Informationen, die Auswahl und Menge der darzubietenden Informationen, ihre Konkretion und Abstraktion und nicht zuletzt die soziale Integration der Medienbenutzer. Die kartographische Disposition der Nutzer stellt somit unumstritten die primäre Determinante aller Haupt- und Nebenfunktionen taktiler kartographischer Medien dar, besonders aber der Informationsaufnahme und Wissensübermittlung während des Kommunikationsprozesses, weil sich auf Niveau und Umfang der Informationsaufnahme folgerichtig die erworbenen Erkenntnisse und die darauf aufbauende Verhaltenslenkung (in diesem Fall das Orientierungsvermögen) etablieren. Mit Hilfe der hier ausgearbeiteten Klassifikation nach den veränderbaren und unveränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition können Funktionen zukünftig besser und zielgerichteter festgelegt und gleichzeitig an das Umsetzungsvermögen der zukünftigen Ziel- und Nutzergruppen angepasst werden (vgl. Kap. 6.3).

Laut WÜNSCHMANN (1995), der theoretische Betrachtungen über tastbare Abbildungen aus ergonomischer Sicht anstellte, gibt es zahlreiche Gründe, warum tastbare Abbildungen in Verbindung mit computergestützter Lehr- und Lerntechnologie praktisch nicht im vollen Umfang genutzt werden können. Daher gilt es, „das komplexe Bedingungsgefüge zur Erhöhung der Nutzerakzeptanz tastbarer Abbildungen aufgaben- und nutzerbezogen deutlicher aufzuklären und dabei eine Rangfolge zweckmäßiger Veränderungen herzuleiten“ (WÜNSCHMANN 1995, S. 172). Dabei stellt der Zweikomponentensatz ein bedeutendes Fundament dar, um allgemeine Grundsätze der Kommunikationsergonomie für den Fall der taktilen Kommunikation zu präzisieren. Der Zweikomponentensatz fordert zum einen die Anpassung des Kommunikationshilfsmittels an den Menschen und zum anderen die Anpassung des Menschen an das Kommunikationsmittel (z.B. durch Ausbildung).

## **B) Die Bedürfnisse der Nutzer**

Die Nutzer taktiler kartographischer Medien haben im Allgemeinen einen unterschiedlichen **Informations- und Handlungsbedarf**, der wiederum stark von den zu erfüllenden Aufgaben abhängt. Die jeweiligen Bedürfnisse der Nutzer (wie z.B. die selbständige Orientierung im unbekanntem Gelände oder die geographische Weiterbildung) hängen in erster Linie von ihren kartographischen Dispositionen ab und bestimmen die Funktionalitäten der taktilen kartographischen Medien als eine (Neben-) Determinante mit. Schon PÁPAY (1973) stellte für die visuelle Kartographie allgemein fest, dass die Entwicklung der Funktionen in erster Linie durch die Entwicklung der kartographischen Dispositionen der Kartennutzer bedingt wird und davon insbesondere durch die Entwicklung der jeweiligen Bedürfnisse der Kartennutzer (S. 238). Diese Feststellung gilt auch in Bezug auf die taktile Kartographie.

Durch eine zweckentsprechende und nutzerorientierte Modellierung taktiler kartographischer Medien kann der taktile kartographische Kommunikations- und Erkenntnisprozess weiterhin optimiert, die Bedürfnisse der Nutzer erweitert und damit auch die allgemeinen Nutzungsbedingungen verbessert werden.

Viele Nutzer haben ihre persönlichen Gründe für die Ablehnung, Annahme oder Akzeptanz eines taktilen kartographischen Mediums. Befragungen der Autorin (GEIGER 2001) haben ergeben, dass späterblindete Nutzer taktiler Abbildungen z.T. keinen individuellen Bedarf ha-

ben, (audio-) taktile kartographische Medien zur geographischen Grund- und Weiterbildung zu erkunden, da sie visuelle Karten, in denen umfangreichere und genauere geographische Informationen vermittelt werden, bereits gesehen haben und kennen. Die vergleichsweise einfach gestaltete taktile Karte erscheint demgegenüber uninteressant und wird von vornherein abgelehnt.

Genauso lehnten einige (z.T. stark) sehbehinderte Menschen die Nutzung von rein taktilen Karten ab, weil sie über einen Sehrest verfügen, den sie mit Hilfe von anderen technischen Hilfsmitteln (z.B. starken Lupen) nutzen und damit nicht mit "den Blinden" gleichgesetzt werden wollen, wenngleich die Nutzung taktiler kartographischer Hilfsmittel mehr Informationen vermitteln würden, als visuelle Kartenwerke in Verbindung mit starken Lupen.

### C) Die Lernziele der Nutzer

Die unterschiedlichen **Lernziele** im Mobilitäts- und Geographieunterricht, die aus dem (regelmäßigen) Umgang mit taktilen kartographischen Medien resultieren sollen, sind in erster Linie von der kartographischen Disposition ihrer Nutzer abhängig und werden zusätzlich durch ihre (individuellen) Bedürfnisse geprägt. Damit stellen die Lernziele eine weitere (Neben-) Determinante der Funktion dar.

Im Rahmen der kartographischen Didaktik wird in einem Lernziel nach SPERLING (1982) das „Wissen, Erkennen und Werten beschrieben, über das der Lernende am Ende eines erfolgreichen Lernprozesses verfügen soll“ (S. 13). Dabei setzt die Beschreibung der Lernziele das angestrebte Verhalten und den Lerninhalt zueinander in Beziehung. In der allgemeinen Didaktik werden die drei Lernzielbereiche: kognitiver, affektiver und psychomotorischer Verhaltensbereich voneinander unterschieden.

Ein „geordnetes und den Verhältnissen des Nutzers angemessenes kartographisches Grundwissen“ wird im **kognitiven Verhaltensbereich** angestrebt, so dass im (Geographie- oder Mobilitäts-) Unterricht die intellektuellen Fähigkeiten des Einzelnen geübt und im optimalen Fall auch gesteigert werden können (SPERLING 1982, S. 14). In der taktilen Kartographie geht es im **affektiven Verhaltensbereich** vor allem um die Motivation und das Wecken von Interessen, zum einen an taktilen kartographischen Medien und zum anderen an georäumlichen Sachverhalten sowie um die raum- und umweltbezogene Bewusstseinsbildung. Im **psychomotorischen Verhaltensbereich** wird das eigentliche "Können" des Einzelnen angesprochen. Folgerichtig stehen in Bezug auf taktile kartographische Medien die Kontrolle und Bewertung von Bewegungsabläufen und Reaktionen, die Übung im Kartenlesen und die rasche Gewinnung kartographischer Informationen im Vordergrund. „Es ist wichtig, dass hier der jeweilige Entwicklungsstand eines einzelnen Schülers“ bzw. Kartennutzers immer beachtet wird (SPERLING 1982, S. 14).

### D) Die Art der Medienvermittlung

Medien können nach der **Art der Medienvermittlung** hinsichtlich ihrer Bedeutung und Funktion für den Wissenserwerb (Lernen) segmentiert und nach bestimmten Merkmalen geordnet werden. Die Art der Medienvermittlung ist dabei abhängig von der kartographischen Disposition der Nutzer und beeinflusst die Funktionen taktiler kartographischer Medien.

In der klassischen Medienunterscheidung von DALE (1954) wird ein Medium nach seinem **Realitätsgrad** differenziert. DALE entwickelte einen so genannten "**Erfahrungskegel**", der die Kodierung von Erfahrungen (im Sinne von den gewonnenen Informationen/Wissen) durch Medien beschreibt und den Realitätsgrad bzw. den Grad der Konkretheit einer Erfahrung als ein Qualitätskriterium darstellt. Er ordnete die Medien in einer Hierarchie kegelförmig an und segmentierte die Art der Medienvermittlung nach symbolischen (Lernen durch gedankliche Prozesse), ikonischen (Lernen durch Beobachtung) und direkten (Lernen durch eigenes Tun) Erfahrungen (BACHMAIR 1979). Die Termini ikonisch und symbolisch verwendete DALE dabei nicht im Sinne der Semiotik (wie PEIRCE oder MORRIS). Seine drei Formen von Sinneserfahrungen unterscheiden sich lediglich nach dem Abstraktionsgrad der Information. Innerhalb dieser drei Gruppen werden die Erfahrungsmöglichkeiten nochmals nach dem Grad der Sinnesbeteiligung unterschieden. Laut DALE ermöglichen alle Texte nur eine "symbolische Erfahrung" (im Sinne von sinnbildlicher Informationsgewinnung) und Bilder oder

graphische Abbildungen eine "ikonische Erfahrung" (im Sinne von metaphorischer Informationsgewinnung). Demnach ist ein Text weniger realistisch als eine graphische Abbildung oder ein Film. Die Erfahrung, die einer Erfahrung in der natürlich vorgefundenen Umwelt gleichkommt, wird als die "direkte Erfahrung" bezeichnet. Weder Texte noch Bilder sind in der Lage, eine Medienvermittlung der "direkten Erfahrung" auszudrücken.

Da bei der Bezeichnung der drei Sinneserfahrungen im Erfahrungskegel von DALE keine Verbindung zur Semiotik besteht, sollen die Termini der symbolischen und ikonischen Erfahrung in **sinnbildliche** und **metaphorische Erfahrung** umbenannt werden, um eventuelle Verwechslungen und Unklarheiten zu vermeiden. Dagegen kann der Begriff der **direkten Erfahrung** bei der Segmentierung taktiler kartographischer Medien beibehalten werden.

Abbildung 6.1.2-4 veranschaulicht die Übertragung des Erfahrungskegels von DALE auf taktile kartographische Medien.

### Sinnbildliche Erfahrung

Sinnbildliche Erfahrungen verfügen im Vergleich zu metaphorischen und direkten Erfahrungen die geringste Anschaulichkeit und setzen damit einen bestimmten Grad an Bildung, Wissen sowie Intelligenz voraus, um Informationen im höchsten Grad der Verallgemeinerung wahrnehmen, verstehen, ableiten und verarbeiten zu können.

Die hinter jedem (verbalen, visuellen oder taktilen) Sinnbild hinterlegten Inhalte müssen erkannt und richtig zugeordnet werden. Hierfür muss der Medienbenutzer in der Lage sein, bekanntes Wissen mit den neuen Informationselementen richtig zu verknüpfen. Für die stattfindenden kognitiven Verarbeitungsprozesse sind hohe intellektuelle Leistungen zu erbringen, die anspruchsvolle logische Denkprozesse und damit die höchste geistige Beanspruchung erfordern. Um die individuellen Kenntnisse zu erweitern oder neues Wissen zu erlangen, werden höhere geistige Fähigkeiten vorausgesetzt, als es die Sinneserfahrungen der metaphorischen oder direkten Erfahrungen erfordern, da der Abstraktionsgrad der Informationen bei der sinnbildlichen Erfahrung am höchsten ist.

VISUELLE LERN- UND UNTERRICHTSMEDIEN	SINNESERFAHRUNGEN		TAKTILE KARTOGRAPHISCHE MEDIEN	SINNESBETEILIGUNG
verbale Symbole	SYMBOLISCHE ERFAHRUNG	SINNBILDICHE ERFAHRUNG	Text - Großschrift	visuell
visuelle Symbole			Text - gesprochen	auditiv
			Text - Braille-Schrift	taktil
Radio	IKONISCHE ERFAHRUNG	METAPHORISCHE ERFAHRUNG	Verbalisierungen (z.B. von Routen, Objekten, Filmen)	auditiv
unbewegte Bilder, Fotografie			virtuelle taktile Karten	auditiv
Filme			virtuelle taktile Displays	taktil
Fernsehen			taktile Displays	taktil, <i>visuell</i>
Ausstellungen			Orientierungs- und Mobilitätspläne, taktile Karten	taktil, <i>visuell</i>
Exkursionen			audio-taktile Dialogsysteme	taktil, auditiv, <i>visuell</i>
Demonstrationen			elektronische Routenführer	taktil, auditiv, <i>visuell</i>
szenisches Spiel / Schauspiel	DIREKTE ERFAHRUNG	DIREKTE ERFAHRUNG	GPS-gestützte Navigationssysteme	alle verfügbaren Sinne
Modelle, Nachbildungen, Simulationen			Modelle und Nachbildungen der georäumlichen Wirklichkeit (z.B. großflächige Reliefs)	alle verfügbaren Sinne
direkte und zielbewusste Erfahrungen			direkte und zielbewusste Erfahrungen (Erleben der georäumlichen Wirklichkeit)	alle verfügbaren Sinne (taktil, auditiv, odorativ, gustativ, visuell)

Abb. 6.1.2-4: Erfahrungskegel von EDGAR DALE (1954), zitiert nach TULODZIECKI (1997, S. 57), übertragen auf taktile kartographische Medien

## **Metaphorische Erfahrung**

Die metaphorische Erfahrung stellt den Mittler zwischen dem sehr hohen Abstraktionsgrad der sinnbildlichen Erfahrungen und dem niedrigen Abstraktionsgrad der direkten Erfahrungen, die über die höchste Anschaulichkeit verfügen, dar.

Metaphorische Erfahrungen bieten eine vereinfachte Veranschaulichung von Sachverhalten. Ihr Abstraktionsgrad ist grundsätzlich geringer als bei sinnbildlichen Erfahrungen. Damit ist der Grad der Konkretheit einer Erfahrung wesentlich höher. Diese Art der Medienvermittlung strebt eine Kombination von mehreren Sinneskanälen bzw. Signalsystemen an. Dadurch nehmen die Multimodalität und die damit verbundene Multimedialität der taktilen kartographischen Medien stetig zu. Die so entstehende Redundanz ist beabsichtigt.

## **Direkte Erfahrung**

Bei der direkten Erfahrung ist die Anschaulichkeit am höchsten und der Abstraktionsgrad der zu vermittelnden Informationen am geringsten. Im Vergleich zu den sinnbildlichen und metaphorischen Erfahrungen wird die geringste geistige Beanspruchung gefordert. Die direkte Erfahrung ist sehr realistisch sowie naturgetreu und kommt i.A. einer Erfahrung in der natürlich vorgefundenen Umwelt gleich. Dennoch ist sie für den Bereich der taktilen (kartographischen) Medien für stark Sehbehinderte und Blinde mit großen Einschränkungen behaftet. Durch das Fehlen bzw. das eingeschränkte Nutzungsvermögen des visuellen Sinneskanals, mit dem ein Sehender den größten Teil aller Informationen aufnimmt, ist die direkte Erfahrung im Rahmen der taktilen Medien sehr speziell und nur auf einen stark eingrenzten, zum Teil nur punktuellen Raum der Wirklichkeit ausgerichtet.

Die ursprüngliche Form des Erfahrungskegels wurde für einen Nutzerkreis von Medien ohne Sinneseinschränkungen bzw. Sinnesbeeinträchtigungen konstruiert.

Der konstant auseinander laufende Pyramidenfuß veranschaulicht dabei die Vielgestaltigkeit der direkten Erfahrung, in der alle zur Verfügung stehenden Sinne (Gesichtssinne) uneingeschränkt genutzt werden können, um direkte Erfahrungen in einem natürlich vorgefundenen Raum zu sammeln.

Für taktile kartographische Medien verliert der Erfahrungskegel bei der direkten Erfahrung mit zunehmender Sehbehinderung bis hin zur Amaurose seine stetig auseinander laufende Form und geht in einen parallelen Verlauf über. Dieser parallele Verlauf veranschaulicht, dass die direkte Erfahrung trotz ihrer Erfahrungsvielfalt für blinde und sehbehinderte Medienbenutzer eingeschränkt bleibt und durch nichts den wichtigsten fehlenden oder nur mit Einschränkung zur Verfügung stehenden Gesichtssinn, den Sehsinn, ausgleichen kann.

Bei völliger Amaurose nimmt die Anschaulichkeit der Erfahrung gegenüber dem erreichten Maximum der metaphorischen Erfahrung nicht mehr zu, sondern bleibt von da an konstant erhalten. Obwohl der eigentliche Abstraktionsgrad der zu vermittelnden Informationen hier am geringsten ist, bezieht sich diese Erfahrung jedoch nur auf einen kleinen räumlich eingegrenzten Bereich, der vom Hand- oder Armtaustaum konkret eingegrenzt wird. Diese maximale Reichweite der taktilen Wahrnehmung beträgt ca. einen Meter. Damit entspricht die Erfahrung dennoch einer Erfahrung, die der georäumlichen Wirklichkeit gleichkommt. Aber sie bringt keinen höheren Informationsgehalt auf und kann nicht mit der direkten Erfahrung, die ohne Sehbehinderung übermittelt werden kann, auf ein und derselben Wahrnehmungs- und Erkenntnisebene stehen. Zugunsten einer direkten Erfahrung gehen zudem andere bedeutende Parameter der metaphorischen Erfahrung, wie z.B. die Interaktivität, verloren.

Abbildung 6.1.2-5 zeigt abschließend alle Determinanten der Struktur und alle Determinanten der Funktion taktiler kartographischer Medien in einer Übersicht.

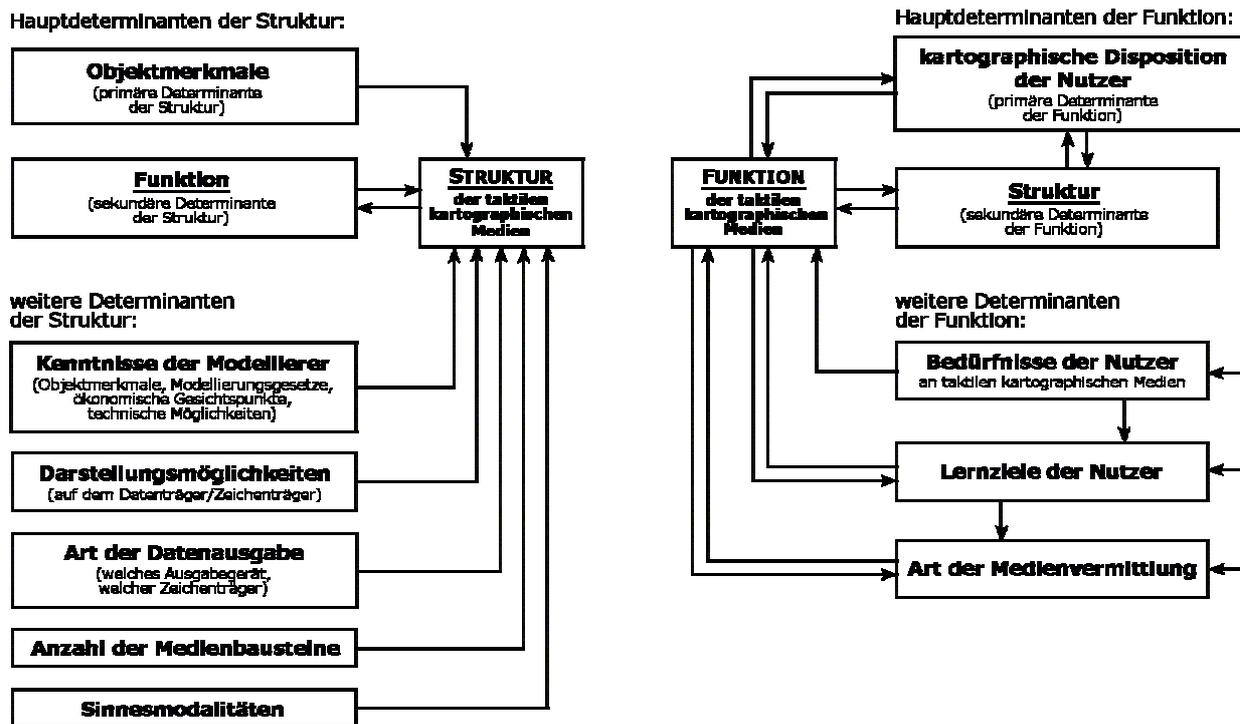


Abb. 6.1.2-5: Gegenüberstellung der Determinanten von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien

## 6.2 Der taktile kartographische Modellierungsprozess und seine Komponenten

Auf den **taktilen kartographischen Modellierungsprozess**, dessen primäres Ziel darin besteht, unter Beachtung der Strukturanalogie ein strukturell bestmöglich auf die angestrebte Funktionalität zugeschnittenes Medium zu kreieren, wirken wesentliche Komponenten ein, die an dieser Stelle in wenigen Worten genannt und beschrieben werden sollen.

Der taktile kartographische Modellierungsprozess profitiert und stützt sich in erster Linie auf die **Kenntnisse der Modellierer**, welche die eigentliche Grundlage für die fachliche, gestalterische, ästhetische und funktionale Qualität des neu zu erstellenden taktilen kartographischen Mediums bilden. Schon PÁPAY (1973) stellte mit Recht fest, dass sich alle (Haupt-) Determinanten im kartographischen Modellierungsprozess als die Kenntnisse der Modellierer über die Struktur der von ihnen zu modellierenden Wirklichkeit und die Kenntnisse über die vorbestimmten Funktionen der von ihnen zu erschaffenden Medien wiederfinden. So bilden die Kenntnisse der Modellierer über die Objektmerkmale, die Modellierungsgesetze sowie die zu berücksichtigenden ökonomischen Gesichtspunkte und technischen Möglichkeiten nicht nur eine wichtige Determinante der Struktur, sondern erscheinen als eine wesentliche Komponente im taktilen kartographischen Modellierungsprozess. Zu weiteren grundlegenden Kenntnissen, die als essentielle Komponenten für den Modellierungsprozess vorausgesetzt werden, zählen neben den thematischen Fachkenntnissen der Modellierer ihre Kenntnisse über die Art der Datenausgabe, den Darstellungseigenschaften und Darstellungsmöglichkeiten auf dem ausgewählten und/oder zur Verfügung stehenden Zeichenträger, die Kenntnisse über die einzusetzenden Medienbausteine und nicht zuletzt ihre Kenntnisse über die zur Nutzung des Mediums mit einzubeziehenden bzw. durch das Medium anzusprechenden Sinnesmodalitäten. Des Weiteren erfordert der Modellierungsprozess grundlegende Einblicke der Modellierer in die speziellen Bedürfnisse und Lernziele der zukünftigen Nutzer und das genaue Kennen der angestrebten Funktionalitäten des neu zu konzipierenden taktilen kartographischen Mediums, die wiederum in enger Verbindung mit den genauen Kenntnissen über die kartographische Disposition der jeweiligen Benutzergruppe stehen müssen.

Die **Kenntnisse** der Modellierer über die **Determinanten von Struktur und Funktion** taktiler kartographischer Medien bilden neben den **thematischen Fachkenntnissen** eine wesentliche Hauptkomponente (und Grundvoraussetzung) für einen effizienten taktilen kartographischen Modellierungsprozess.

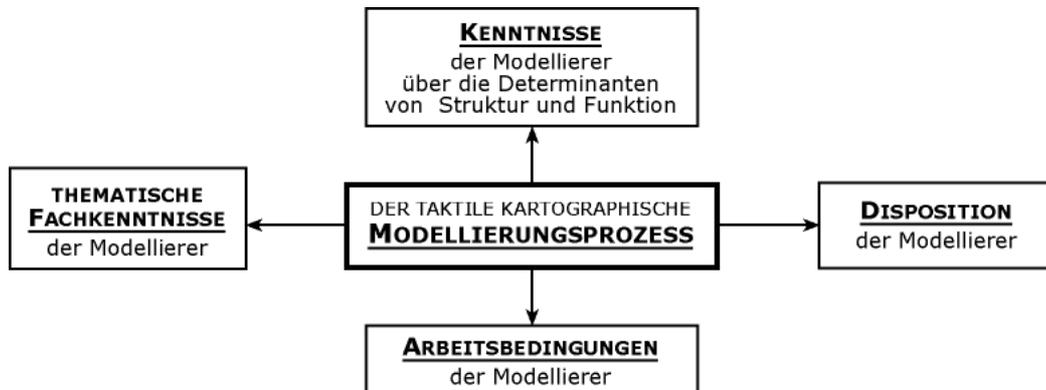


Abb. 6.2-1: Die Hauptkomponenten im taktilen kartographischen Modellierungsprozess

Der Prozess der genauen Anpassung und Angleichung geeigneter Strukturkomponenten an die angestrebten Funktionalitäten beschreiben und charakterisieren den Modellierungsprozess als einen Entwicklungsprozess taktiler kartographischer Medien, der in diesem Sinne als ein stetiger Optimierungsprozess aufgefasst werden kann. Der taktile kartographische Modellierungsprozess muss sich als ein flexibler Prozess gestalten, dessen zielgerichtetes Gestaltungs- und Reaktionsvermögen nicht zuletzt durch die individuelle (fachliche bzw. fachspezifische und kartographische) **Disposition der Modellierer** mitbestimmt wird. Zu den wesentlichsten Kriterien der Disposition der Modellierer zählen hier neben den persönlichen Erfahrungen und vorliegenden Erfahrungswerten (z.B. aus Berichten von vorangegangenen Nutzertests und/oder empirischen Untersuchungen) vor allem die persönliche Motivation, das persönliche Interesse, der persönliche Ehrgeiz sowie die individuelle Kreativität und der Ideenreichtum der Modellierer bei der Umsetzung des neu zu konzipierenden taktilen kartographischen Mediums.

Als eine weitere wesentliche Komponente im taktilen kartographischen Modellierungsprozess können die **Arbeitsbedingungen der Modellierer** (wie z.B. die zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten und finanziellen Mittel) angesehen werden.

Nach PÁPAY (1973) sind alle kartographischen Medien stets umso effektiver, „je mehr ihre Struktur an die kartographische Disposition der Benutzer angepasst ist“ (S. 235). Eine genaue Anpassung der Medienstruktur an die kartographische Disposition der Benutzer ist jedoch sehr problematisch und schwierig, da sich der Modellierungs- und Optimierungsprozess als ein beständiges Optimierungsproblem erweist, das immer mit Kompromissen und Zwischenlösungen auf Kosten der gewünschten Struktur und/oder der geforderten Funktionalität verbunden ist. Ein weitestgehend abgeschlossener Optimierungsprozess kann hypothetisch nur dann zustande kommen, wenn die gesamte Konzeption eines taktilen kartographischen Mediums einzig und allein auf einen individuellen Nutzer zugeschnitten wird, was sich in der Praxis schon aufgrund des sehr hohen Arbeitsaufwandes und/oder der enormen Kosten als undurchführbar erweisen dürfte. Unter Berücksichtigung der veränderbaren und unveränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition der jeweiligen Nutzergruppe (vgl. Abb. 6.1.2-2) kann und muss während des Optimierungsprozesses bei der Zusammenführung und Anpassung von den Strukturkomponenten an die beabsichtigte Funktionalität eines entstehenden taktilen kartographischen Mediums eine, den gegebenen Umständen entsprechende, bestmögliche Annäherung an eine so genannte "hypothetische Optimalform" angestrebt werden.

### 6.3 Die konkreten Wechselwirkungen von Struktur und Funktion

„Zwischen **Struktur und Funktion besteht eine Wechselwirkung**. Beide bilden eine dialektische Einheit“ (PÁPAY 1973, S. 235). Die Wechselwirkungen von Struktur und Funktion treten im taktilen kartographischen Modellierungsprozess in Erscheinung, indem einerseits die angestrebten Funktionen über speziell ausgewählte Struktureigenschaften zu steuern sind und andererseits bereits ausgearbeitete Strukturen die ursprünglich zu erzielenden Funktionen rückwirkend beeinflussen und somit gar beeinträchtigen können. Nachfolgend soll in einem ersten theoretischen Ansatz geklärt werden, wie die Struktur einer Medienanwendung von der angestrebten Funktion und analog, wie eine Funktion durch die Komponenten der Struktur beeinflusst werden kann.

Wie aus Kapitel 4.2 hervorgeht, lassen sich die Funktionen nach PÁPAY (1973) und FREITAG (1993) in die varianten<sup>7</sup> und invarianten<sup>8</sup> Funktionen untergliedern. An dieser Stelle soll zunächst theoretisch geprüft werden, ob und inwiefern die sowohl invarianten Funktionen (Informationsträger-, Kommunikations- und Sozialisationsfunktionen) als auch varianten Funktionen (Orientierungs- und Erkenntnisfunktionen) in der Lage sind, die einzelnen Strukturelemente und deren Strukturentwicklung mit zu beeinflussen oder aber von der fertigen (Medien-) Struktur beeinflusst werden können und inwiefern die kartographische Disposition der Nutzer auf diese Vorgänge mit einwirkt.

Noch viel weniger als die visuellen kartographischen Medien können die taktilen kartographischen Medien den Anspruch darauf erheben, dass die verwendeten taktilen Kartenzeichen über die kartierte georäumliche Wirklichkeit in ihrer Gesamtheit vollständig und genau informieren. Sämtliche Informationen, die durch taktil kartographische Medien übermittelt werden, sind mit Unvollständigkeit und somit auch mit Ungenauigkeit behaftet, was sich bereits aus dem Modellcharakter der kartographischen Medien ergibt. Die Auswahl der zu übermittelnden Informationen (z.B. nach Genauigkeit, Vollständigkeit und Ausführlichkeit der in die Karte aufzunehmenden Informationen) sowie die Auswahl der geeigneten Strukturelemente (z.B. graphische Strukturelemente, Maßstab, Abstraktionsgrad) darf sich nicht nur nach der Frage richten, **wozu** die Informationen weitergeleitet und übertragen werden sollen, sondern primär auch **für wen**<sup>9</sup>. Das heißt, die taktilen kartographischen Medien können nur dann als effektive und voll funktionsfähige Kommunikations-, Erkenntnis- und Orientierungsmittel gelingen, wenn bei ihrer Konzeption auch die die Funktion determinierenden Faktoren (vgl. Kap. 6.1.2), wie z.B. die kartographische Disposition der Nutzer, aber auch ihre Bedürfnisse und Lernziele sowie die Art der Medienvermittlung mit berücksichtigt werden. Damit werden der Struktur einer Medienanwendung durch die vorgesehene und vorgeschriebene Funktion (als die sekundäre Determinante der Struktur) und ferner über die Determinanten der Funktion (vgl. Abb. 6.1.2-1), welche die zu erzielenden Funktionalitäten noch einmal klar festlegen und eingrenzen können, von vornherein Grenzen gesetzt. Um zweckentsprechende taktile kartographische Medien modellieren zu können, müssen aber in erster Linie konkrete Kenntnisse über die **kartographische Disposition** (vgl. Kap. 6.1.2-A) der zukünftigen Benutzer erlangt werden, da die kartographische Disposition der Nutzer als die primäre Determinante der Funktion den stärksten Einfluss auf die zu erfüllenden Funktionalitäten ausübt.

Die **Informationsträgerfunktion** ist eine invariante axiomatische Funktion, die alle (taktile) kartographischen Medienanwendungen als Grundvoraussetzung erfüllen. Sie beeinflusst als solche keine einzelnen Strukturelemente und Struktureigenschaften und kann sich daher generell nicht auf die spezielle Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung auswirken. Gleichmaßen wird sie zu keinem Zeitpunkt von der fertigen Struk-

<sup>7</sup> PÁPAY (1973) spricht in seiner Gliederung der Funktionen kartographischer Darstellungsformen von invarianten und nicht invarianten Funktionen, während FREITAG (1993) in seiner Gliederung der Kartenfunktionen die Bezeichnung der varianten und invarianten Funktionen verwendet.

<sup>8</sup> Invariante Funktionen werden immer von allen taktilen kartographischen Medien erfüllt. Variante Funktionen sind ausgewählte Funktionen, die nicht von jedem taktilen kartographischen Medium erfüllt werden können.

<sup>9</sup> Schon PÁPAY (1973) stellte fest, dass die Effizienz der kartographischen Medien vor allem von der Berücksichtigung der Disposition der zukünftigen Nutzer abhängig ist.

tur einer Medienanwendung beeinflusst. Folgerichtig bestehen zwischen der Informationsträgerfunktion und dem Einfluss der kartographischen Disposition der Nutzer auf die Funktion an dieser Stelle keine Wechselwirkungen.

Alle **Kommunikationsfunktionen** (Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung, Informationstransport, Informationsaustausch) können nicht im Voraus (d.h. im Vorfeld der Modellierung) Einfluss auf die Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung nehmen. Die invarianten Kommunikationsfunktionen können erst durch die fertige Struktur einer konkreten, bereits bestehenden Medienanwendung im Nachhinein, d.h. während der ersten Inspektion durch den zukünftigen Nutzer und während des gesamten Kartennutzungsprozesses (im Sinne von Erfüllung oder Nichterfüllung der angestrebten Kommunikationsfunktionen) beeinflusst werden.

Eine optimale Erfüllung aller Kommunikationsfunktionen bildet die primäre Voraussetzung zur bestmöglichen Erfüllung aller hierarchisch übergeordneten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen. Da die invarianten Kommunikationsfunktionen von allen taktilen kartographischen Medienanwendungen erfüllt werden, müssen sie einen besonders engen Bezug zur kartographischen Disposition der Nutzer aufweisen. Die bestmögliche Erfüllung der invarianten Kommunikationsfunktionen sowie die bestmögliche Medienanpassung an die jeweilige kartographische Disposition der zukünftigen Nutzer bilden gewissermaßen das Fundament zur weiteren Erfüllung der hierarchisch übergeordneten varianten Funktionen (Erkenntnisfunktionen, Orientierungsfunktionen), damit konkretes Wissen, bestimmte Erkenntnisse und ausgewählte Informationen vermittelt und das Verhalten der Nutzer gezielt gelenkt werden kann.

Damit vermag der tatsächliche Gebrauchswert<sup>10</sup> eines taktilen kartographischen Mediums durch den individuellen Kartennutzer eingeschätzt werden. Die Erfüllung aller Kommunikationsfunktionen steht aber nicht nur in starker Abhängigkeit zu der kartographischen Disposition der Nutzer, sondern auch in Abhängigkeit zu der individuellen Disposition der Modellierer während des gesamten Modellierungsprozesses, da die Disposition der Modellierer über die durch sie entstandene (Medien-) Struktur auch einen entscheidenden Einfluss auf den zukünftigen Erfüllungsgrad der einzelnen Kommunikationsfunktionen nimmt. So bestehen zwischen der kartographischen Disposition der Nutzer, der invarianten Kommunikationsfunktion und der individuellen Disposition der Modellierer unabdingbare und beständige Wechselwirkungen.

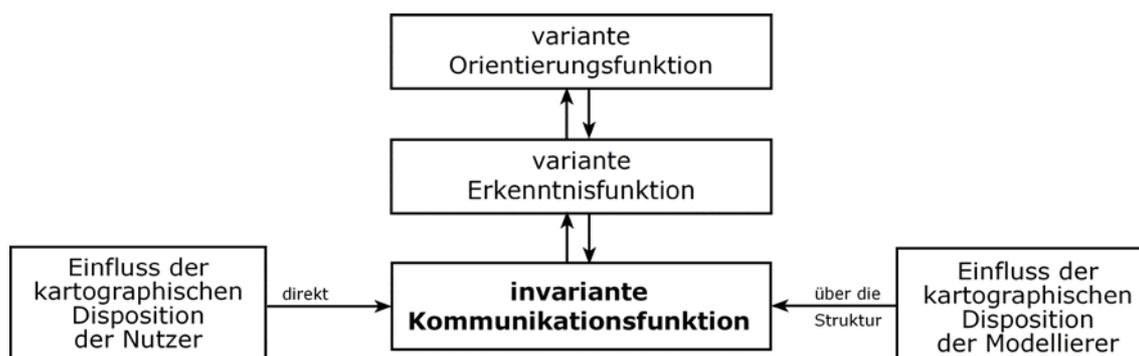


Abb. 6.3-1: Einfluss der Disposition der Nutzer und der Modellierer auf die invariante Kommunikationsfunktion

Auch die invarianten **Sozialisationsfunktionen** (soziale Integration, emanzipatorische Funktion, Motivationsfunktion, subjektive Gefühle) werden von allen taktilen kartographischen Medienanwendungen (mehr oder weniger effizient) erfüllt, ohne jedoch im Vorfeld einen bestimmten Einfluss auf die spezielle Strukturentwicklung einer entstehenden Medienanwendung ausüben zu können. Die gesamte Struktur einer fertigen Medienanwendung kann jedoch im Nachhinein die Prozesse der sozialen Integration, der Individualisierung und der persönlichen Unabhängigkeit von sehenden Helfern (emanzipatorische Funktionen) so-

<sup>10</sup> Definition Gebrauchswert nach OGRISSEK (1972): „Summe aller nützlichen Eigenschaften eines Dings, das der Befriedigung menschlicher Bedürfnisse dient“ (In: Gebrauchswert von Thematischen Karten, S. 277).

wie die Motivation und die subjektiven Gefühle der Benutzer in Bezug auf die Medienanwendung stark beeinflussen (vgl. Kap. 6.3.2).

Bei den **Erkenntnisfunktionen** (Informationsgewinnung, Erkenntniserweiterung, Bewusstseinsbildung) und den **Orientierungsfunktionen** (Erhöhung der Mobilität, georäumliche Bewusstseinsbildung), als den alleinigen Verhaltenslenkungen taktiler kartographischer Medien, handelt es sich um variante Funktionen, die im Voraus (d.h. vor der Modellierung) von den Modellierern und/oder Auftraggebern unbedingt ausgewählt, konkret festgelegt und damit vorbestimmt werden müssen. Vorbestimmte variante Funktionen können so im Voraus durch gezielten Einfluss die konkrete Strukturentwicklung einer neu zu modellierenden taktilen kartographischen Medienanwendung mitbestimmen. Im Nachhinein können sie aber, im Gegensatz zu den invarianten Kommunikations- und Sozialisationsfunktionen, nicht direkt durch eine bestehende Medienstruktur (sondern nur indirekt über die einzelnen invarianten Kommunikationsfunktionen im Sinne von ihrer Erfüllung oder Nichterfüllung) beeinflusst werden.

Um die zukünftigen Funktionalitäten konkret festlegen zu können, müssen an dieser Stelle bereits genaue Kenntnisse über die **kartographische Disposition** der zukünftigen Nutzer vorliegen. Daher sollte und muss das reale kartographische Umsetzungsvermögen der jeweiligen Nutzergruppe dem Modellierer bereits im Vorfeld der Konzeptionsphase des kartographischen Modellierungsprozesses (diese Phase soll hier als Modellierungsvorhaben bezeichnet werden) bekannt sein, ganz besonders im Bereich der taktilen Kartographie (vgl. Abb. 6.3-5).

Die **kartographische Disposition** der Nutzer kann der gewünschten Medienfunktion im Voraus unwiderrufliche "physische und intellektuelle Grenzen" auferlegen. Diese Grenzen lassen sich von den veränderbaren und unveränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition der Nutzer herleiten (vgl. Abb. 6.1.2-2), so dass unter Umständen nur eng ausgewählte und eingegrenzte Funktionalitäten mit Hilfe der neu zu konzipierenden Medienanwendung erfüllt werden können. Daher sollte im Vorfeld eines jeden Modellierungsprozesses zuerst die kartographische Disposition der künftigen Benutzer sorgfältig nach den Kriterien analysiert werden, von denen die kartographische Disposition hauptsächlich bestimmt wird. Daraufhin kann das real zur Verfügung stehende kartographische Umsetzungsvermögen der zukünftigen Nutzer mit den durch das Medium zu erfüllenden Funktionen entsprechend abgestimmt und die zu erzielenden Medienfunktionen konkret und zugleich realistisch (d.h. praktisch umsetzbar) festgelegt werden.

Die unüberwindbaren Grenzen, die einer vorbestimmten Funktion durch die kartographische Disposition der Benutzer von vornherein auferlegt werden, übertragen sich weiter über die zu erfüllenden varianten Funktionen auf die (zweckentsprechende) Strukturentwicklung der taktilen kartographischen Medienanwendung, d.h. der Ursprung bzw. die Wurzeln der eigentlichen Beeinflussung der Struktur durch die angestrebte Funktion liegt in der kartographischen Disposition der Nutzer. Somit ist die vorrangige Berücksichtigung des Einflusses der kartographischen Disposition der Kartennutzer auf die entstehende (Medien-) Struktur im Vorfeld des taktilen kartographischen Modellierungsprozesses von erheblicher Bedeutung, da die kartographische Disposition der Nutzer über die zu erzielenden varianten Funktion über die künftigen Struktureigenschaften und die Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung maßgeblich entscheidet und mitbestimmt.

Die kartographische Disposition der Benutzer nimmt folglich über die vorbestimmten varianten Funktionen ihren zielgerichteten Einfluss auf die Strukturentwicklung einer Medienanwendung, während die individuelle Disposition der Modellierer immer einen direkten Einfluss auf die entstehende taktile kartographische Medienstruktur ausübt.



Abb. 6.3-2: Einfluss der kartographischen Disposition der Nutzer und der Modellierer auf die Strukturentwicklung einer Medienanwendung

Aufgrund dieser Ausführungen soll nun folgende These (Definition) aufgestellt werden: **Invariante Funktionen** wirken nie direkt auf die gesamte Struktur bzw. auf einzelne Strukturelemente taktiler kartographischer Medien ein, während die vorbestimmten **varianten Funktionen** einen direkten Einfluss auf einzelne Strukturelemente einer neu entstehenden Medienanwendung ausüben können (vgl. Abb. 6.3.1-2).

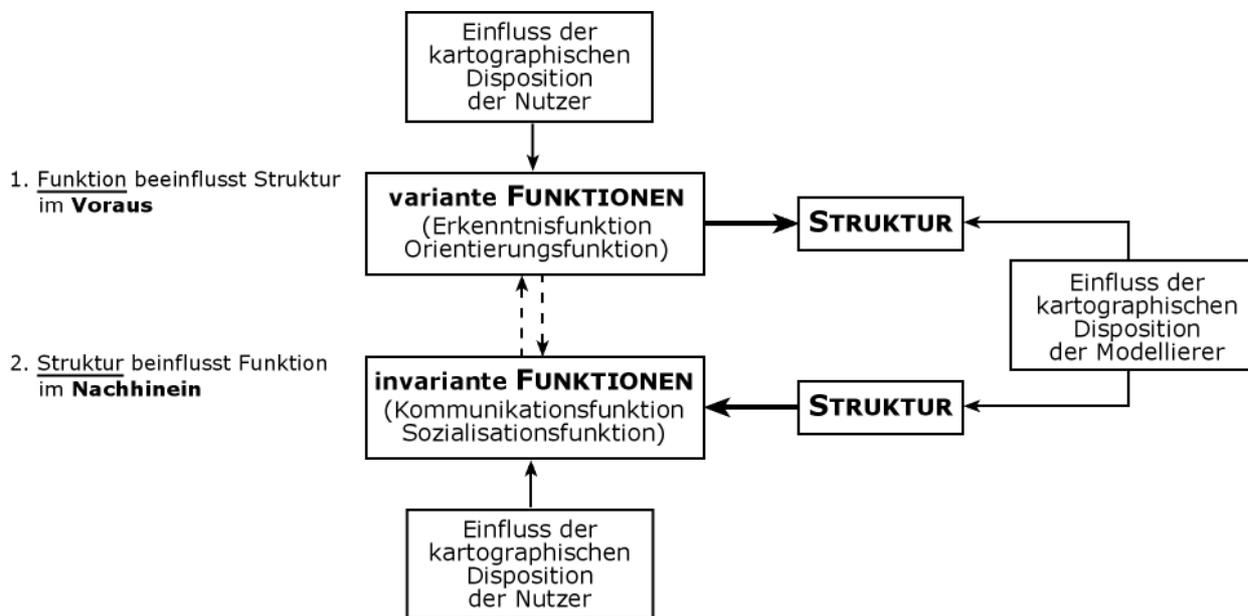


Abb. 6.3-3: Die Beeinflussung von Struktur und Funktion

Der taktiler kartographische Modellierungsprozess lässt sich dabei in vier allgemeine Phasen (in Form von vier Arbeitsschritten) grob untergliedern:

1. Die Phase der ersten **Konzeption** des Mediums durch die Modellierer.
2. Die Phase der praktischen **Umsetzung** der konzipierten Anwendung durch die Modellierer.
3. Die Phase der **Inspektion** der neu erstellten Medienanwendung durch den zukünftigen Nutzer (in Form von Befragungen und Nutzertests).
4. Die Phase der gezielten Strukturveränderungen in Form von **Strukturangleichungen** und -anpassungen an die vorgegebene Funktion (Strukturoptimierungen), die sich aus den empirischen Untersuchungsergebnissen ergeben haben.

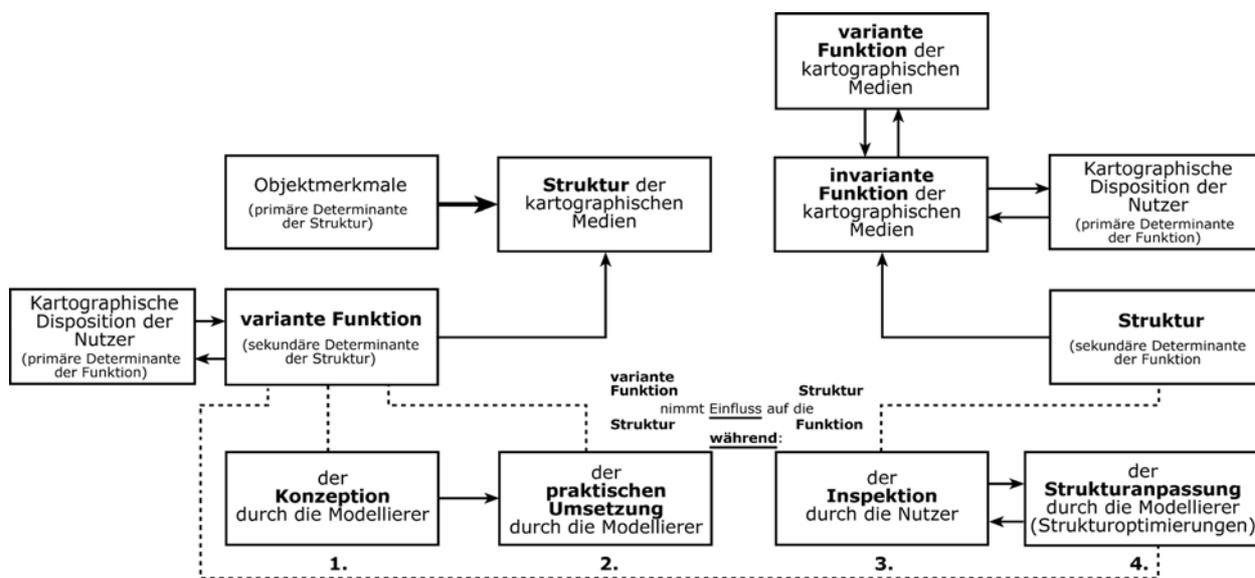


Abb. 6.3-4: Die vier Phasen im taktilen kartographischen Modellierungsprozess und ihre Einflussnahme auf die Strukturentwicklung und die Funktion

In den ersten beiden Phasen bestimmen die angestrebten Funktionalitäten (variante Funktionen) die Strukturentwicklung und setzen dadurch der (Medien-) Struktur schon im Voraus Grenzen (vgl. Kap. 6.3.1), während in der dritten Phase eine bereits bestehende Medienstruktur die zu erzielenden Funktionen rückwirkend beeinflusst und damit der ursprünglich angestrebten Funktionalität (d.h. einer konkret ausgewählten varianten Funktion) über die direkte Einwirkung auf die invariante Kommunikationsfunktion Grenzen (im Sinne ihrer Nichterfüllung) setzen kann (vgl. Kap. 6.3.2).

Ohne eine konkrete Rückkopplung<sup>11</sup> mit den zukünftigen Mediennutzern können generell keine Strukturoptimierungen von Seiten der Modellierer stattfinden. Die Phase der ersten Inspektion durch die Benutzer bietet daher die Möglichkeit der engen Rückkopplung mit den zukünftigen Nutzern und erlaubt den Modellierern, die vorhandene (Medien-) Struktur (bzw. ausgewählte Strukturkomponenten) im Nachhinein deutlicher an ihre vorbestimmten varianten Funktionen anzupassen und so Strukturoptimierungen vorzunehmen. Mit Hilfe der Strukturoptimierungen ist es also möglich, im Nachhinein noch einmal einen gezielten und zugleich zweckentsprechenden Einfluss auf die gewünschten (Medien-) Funktionen auszuüben.

Die den Modellierungsprozess maßgeblich bestimmenden Komponenten (vgl. Kap. 6.2) entscheiden sowohl in der Konzeptions- und Umsetzungsphase als auch in der Phase der Strukturanpassung über Erfolg, Gelingen und Effektivität des neu zu erstellenden taktilen kartographischen Mediums mit.

Mit Hilfe der Abbildung 6.3-5 soll abschließend noch einmal der Einfluss der varianten Funktionen auf die Strukturentwicklung, die Beeinflussung der invarianten Funktionen durch die Struktur sowie die Einflussnahme der kartographischen Disposition der zukünftigen Nutzer und der Disposition der Modellierer auf Struktur und Funktion der Medienanwendung während des Modellierungsvorhabens (A), des eigentlichen Modellierungsprozesses (B) und des Prozesses der Kartennutzung (C) einfach veranschaulicht werden.

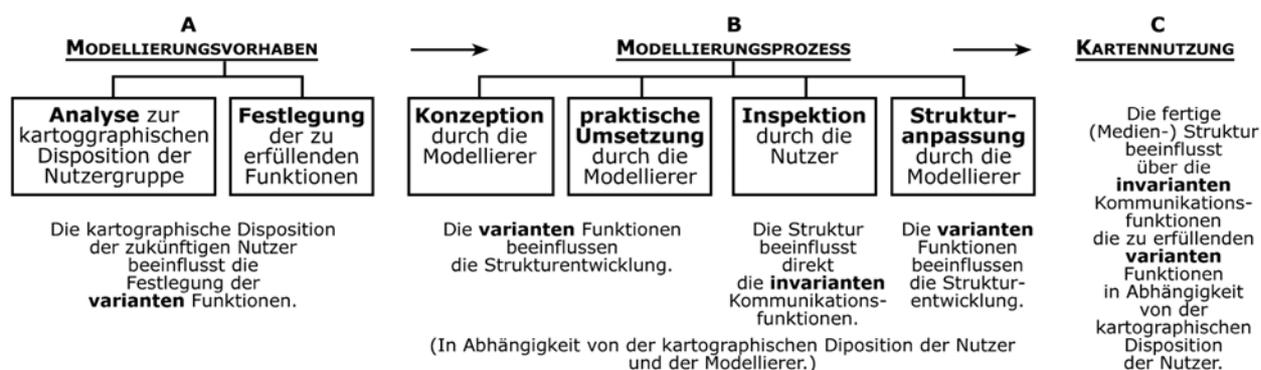


Abb. 6.3-5: Modellierungsvorhaben, Modellierungsprozess und Kartennutzung

Die kartographische Disposition der Nutzer setzt den durch das Medium zu erfüllenden varianten Funktionen im Voraus Grenzen. Andererseits wirkt sich die kartographische Disposition der Nutzer auch direkt auf den Erfüllungsgrad der invarianten Kommunikationsfunktion während der Aufnahme, Verarbeitung, Übermittlung und dem Austausch von kartographischen Informationen aus.

Schemenhaft kann dieser Zusammenhang als eine Art Kreislauf in der Form aufgefasst werden, dass die kartographische Disposition der Nutzer sich auf die Bestimmung bzw. Festlegung der durch das Medium zu erzielenden Funktionen auswirkt; diese bestimmen daraufhin die Strukturentwicklung der neu entstehenden Medienanwendung mit. Anschließend muss die erzeugte (Medien-) Struktur wiederum die vorbestimmten Funktionen erfüllen können sowie der kartographischen Disposition der Nutzer entsprechen und entgegenkommen. Die

<sup>11</sup> Rückkopplungsmöglichkeiten bestehen im taktilen kartographischen Kommunikationsprozess hauptsächlich durch Nutzertests und Befragungen, um die beobachteten Reaktionen, Empfindungen und Meinungen eines Empfängers zur Verbesserung und/oder Berichtigung der kodierten Informationen für zukünftige Medien zu nutzen.

kartographische Disposition der Nutzer wirkt sich einerseits über die zu erzielende (variante) Funktion auf die gesamte Medienstruktur und andererseits über die fertige Struktur direkt auf die invarianten Funktionen (Kommunikationsfunktionen) und darauf aufbauend auf die hierarchisch übergeordneten varianten Funktionen aus (vgl. Abb. 6.3-6 und 6.3-7).



Abb. 6.3-6: Disposition, Funktion, Struktur;  
allgemeiner Kreislauf

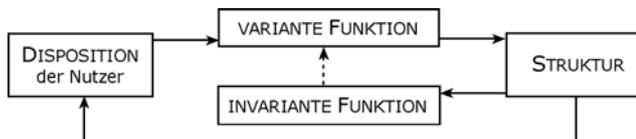


Abb. 6.3-7: Disposition, Funktion, Struktur;  
aufgeschlüsselter Kreislauf

Im bestmöglichen Fall sollten die Karteninhalte und Strukturen nach dem persönlichen Bedarf, den Fähigkeiten und dem Geschmack des Nutzers ausgewählt und modelliert werden, um so den kognitiven Aufwand beim Kartenlesen und Interpretieren so weit wie möglich zu reduzieren. Da sich die Rezipienten taktiler kartographischer Medien hinsichtlich ihrer Vorbildung und dem Grad der Sehbehinderung (vgl. Abs. Disposition) stark voneinander unterscheiden, sollten sie unbedingt in die Entwurfsphase solcher Medien mit einbezogen werden.

### 6.3.1 Die Beeinflussung der Struktur durch die varianten Funktionen

Die vielfältigen und vor allem gezielten **Beeinflussungen** der einzelnen Komponenten der **Struktur durch** die jeweils vorbestimmten bzw. angestrebten varianten **Funktionen**, die im taktilen kartographischen Modellierungsprozess bereits während der Phasen der Konzeption und der praktischen Umsetzung durch den Modellierer stattfinden (vgl. Abb. 6.3-4), sollen im Folgenden theoretisch abgehandelt werden.

Als Grundlage für die bevorstehenden Untersuchungen soll noch einmal auf die Feststellung aus Kapitel 6.3 verwiesen werden, dass eine neu zu entwickelnde Struktur nur dann bestmöglich an ihre varianten Funktionen angepasst werden kann, wenn die zu erzielenden Funktionalitäten in Abhängigkeit von der Disposition der zukünftigen Mediennutzer klar definiert sind (vgl. Abb. 6.3.3-6.3.5), d.h. die mit dem taktilen kartographischen Medium zu erfüllenden Funktionen müssen schon vor Beginn der Konzeptionsphase genau festgelegt sein<sup>12</sup>. Erst nach Festlegung der konkreten Zweckbestimmung können die künftigen Struktureigenschaften zustande kommen. Eine vorgegebene **variante Funktion** entscheidet damit bereits **im Voraus** über die zukünftigen Strukturen einer neu zu konzipierenden Medienanwendung.

Rückblickend auf die in Kapitel 5.3 erstellte Strukturanalyse scheint es so zu sein, dass bestimmte Strukturelemente (und deren Struktureigenschaften) für die "Datenpräsentation" unabhängig von der vorbestimmten varianten Funktion sind, während andere dagegen stark von der angestrebten Funktionalität des neu zu erstellenden Mediums abhängen. Demnach gibt es anscheinend Struktureigenschaften, die durch eine vorgeschriebene variante Funktion bzw. eine speziell zu erzeugende Funktionalität im Voraus genau bestimmt werden können und sich in Abhängigkeit dieser Funktion herausbilden, während sich andere Struktureigenschaften unabhängig von der vorbestimmten Funktion im taktilen kartographischen Modellierungsprozess entwickeln. Um diese Vermutung theoretisch zu belegen, sind alle Strukturelemente und Struktureigenschaften, die durch eine vorbestimmte variante Funktion maßgeblich bestimmt und beeinflusst werden, theoretisch zu ermitteln und der Umfang der Struktur-Beeinflussung durch eine variante Funktion zu analysieren.

Um den Sachverhalt der Funktionsabhängigkeit von Strukturelementen in diesem Kapitel richtig untersuchen zu können, mussten im Vorfeld die einzelnen Funktionen taktiler karto-

<sup>12</sup> Die Entwicklung von bestmöglichen, hoch effizienten taktilen kartographischen Medien mit optimalen Abbildungsstrukturen ist mit der Erforschung der einzelnen Funktionen taktiler kartographischer Medien sehr eng verbunden (vgl. Kapitel 4.2).

graphischer Medien analysiert und klassifiziert (vgl. Kap. 4.2) und ihre Strukturelemente in Form einer genauen Strukturanalyse im Einzelnen untersucht werden (vgl. Kap. 5.3). Diese zwei voneinander unabhängig erfolgten Untersuchungen bilden nun die Basis für eine erste Analyse zur Funktionsabhängigkeit von Strukturelementen im Medienaspekt Symbolsystem.

### A) Graphische Gestaltung (vgl. Kap. 5.3.2.1)

Die Analyse der Funktionsabhängigkeit des taktilen kartographischen Zeichenkodes nach seiner **graphischen Gestaltung** soll sich in die drei Bereiche der syntaktischen, der syntaktisch-semantischen und der semantischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung untergliedern.

#### 1) syntaktische Strukturelemente der graphischen Gestaltung (vgl. Kap. 5.3.2.1.1)

STRUKTUR I FUNKTIONEN	KARTENZEICHENSYSTEM UND SUPERISATIONSVORGÄNGE	LAGEGENAUIGKEIT (ABSOLUTE & RELATIVE LAGE)	DISKRIMINATION
INFORMATIONSTRÄGER- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die invariante Informationsträgerfunktion wird von jedem taktilen kartographischen Medium immer erfüllt und beeinflusst im Voraus weder die Superisationsvorgänge noch die Lagegenauigkeit oder die Diskrimination.</li> </ul>		
KOMMUNIKATIONS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die taktilen Kartenzeichen müssen sich aus nur wenigen optimal strukturierten Elementarteilchen zusammensetzen, um beim Prozess der Kartennutzung den Anforderungen an die taktile Zeichenwahrnehmung zu genügen und die Kommunikationsfunktionen zu erfüllen.</li> <li>→ Die Kommunikationsfunktionen beeinflussen jedoch nicht die direkte Strukturentwicklung mit, sondern setzen zu ihrer Erfüllung eine optimale Struktur voraus!</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die absolute und relative Lagegenauigkeit ist unabhängig von den invarianten Kommunikationsfunktionen und wird von diesen im Voraus nicht beeinflusst.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die Kommunikationsfunktionen beeinflussen nicht im Voraus die Strukturentwicklung bezüglich der Diskrimination der taktilen Kartenzeichen mit, wenngleich sie gut zu diskriminierende Kartenzeichen, die sich durch die Verwendung von prägnanten, kontrastreichen und syntaktisch redundanten Merkmalen auszeichnen, im Nachhinein zu ihrer Erfüllung unbedingt voraus setzen.</li> </ul>
ERKENNTNIS- FUNKTION / ORIENTIERUNGS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die Superisationsvorgänge werden als syntaktischer Aspekt der graphischen Gestaltung nicht durch vorbestimmte Erkenntnis- und/ oder Orientierungsfunktionen beeinflusst und können daher für die Datenpräsentation als <u>funktionsunabhängig</u> aufgefasst werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die relative Lage beschreibt oder charakterisiert in taktilen Karten die Lage benachbarter Objekte zueinander und ist von den Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen <u>unabhängig</u>.</li> <li>→ Die absolute Lage, die die Genauigkeit der Lage eines Zeichens gegenüber der Lage seines Objektes auf dem Erdkörper charakterisiert, ist von der Erkenntnis- und Orientierungsfunktion <u>unabhängig</u>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Diskrimination der taktilen Kartenzeichen steht in starker <u>Abhängigkeit</u> zur kartographischen <u>Disposition</u> der Nutzer und kann von dieser im Vorfeld direkt beeinflusst werden, sie wird jedoch nicht von den vorbestimmten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen beeinflusst.</li> <li>→ Die Diskrimination der taktilen Kartenzeichen ist für die Datenpräsentation <u>unabhängig</u> von den vorbestimmten varianten Funktionen.</li> </ul>
SOZIALISATIONS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Während des Modellierungsprozesses können die invarianten Sozialisationsfunktionen keinen Einfluss auf die Superisationsvorgänge, die Lagegenauigkeit und die Diskrimination nehmen.</li> </ul>		

Tab. 6.3.1-1: Abhängigkeit der syntaktischen Elemente der graphischen Struktur von der Funktion

Die invarianten Funktionen sowie die vorbestimmten varianten Funktionen können im Voraus keinen direkten Einfluss auf die **syntaktischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung** und deren Strukturentwicklung nehmen. Die Superisationsvorgänge, die Lagegenauigkeit und die Diskrimination taktiler Kartenzeichen sind für die Datenpräsentation funktionsunabhängig (vgl. Tab. 6.3.1-1).

Dennoch muss im Voraus darauf geachtet werden, dass die Strukturentwicklung dieser Elemente der kartographischen Disposition der zukünftigen Nutzer entspricht.

## 2) syntaktisch-semantische Strukturelemente der graphischen Gestaltung (vgl. Kap. 5.3.2.1.2)

<b>STRUKTUR II FUNKTIONEN</b>	<b>GRAPHISCHE MERKMALE DER KARTENZEICHEN (FORM- UND GRÖßENRELATIONEN)</b>	<b>GRAPHISCHE WIRKUNGEN DER KARTENZEICHEN (ASSOZIATIVE &amp; DISSOZIATIVE WIRKUNGEN)</b>
INFORMATIONSTRÄGERFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die invariante Informationsträgerfunktion nimmt weder auf die graphischen Merkmale noch auf die graphischen Wirkungen der Kartenzeichen Einfluss.</li> </ul>	
KOMMUNIKATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Kommunikationsfunktionen können während des Modellierungsprozesses keinen gezielten Einfluss auf die Form- und Größenrelationen eines taktilen Kartenzeichens nehmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Während des Modellierungsprozesses können die Kommunikationsfunktionen keinen zielgerichteten Einfluss auf die graphischen Wirkungen der taktilen Kartenzeichen nehmen.</li> </ul>
ERKENNTNISFUNKTION / ORIENTIERUNGSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die rein graphische Gestaltung der taktilen Kartenzeichen (das taktile graphische Erscheinungs- oder Wahrnehmungsbild) richtet sich nach den Objektmerkmalen und entwickelt sich im taktilen kartographischen Modellierungsprozess <u>unabhängig</u> von den vorbestimmten Erkenntnis- und/oder Orientierungsfunktionen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jeder taktilen graphischen Variablen, die durch Variation zum Bestandteil eines taktilen Kartenzeichens wurde, kann eine Bedeutung zugeordnet werden. Diese Bedeutung richtet sich aber nach den darzustellenden Objektmerkmalen und nicht nach den zu erfüllenden und vorbestimmten Erkenntnis- und/oder Orientierungsfunktionen.</li> <li>→ Somit entwickeln sich die Kartenzeichen im taktilen kartographischen Modellierungsprozess <u>unabhängig</u> von den vorbestimmten Erkenntnis- und/oder Orientierungsfunktionen.</li> </ul>
SOZIALISATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die invarianten Sozialisationsfunktionen können während des Modellierungsprozesses keinen Einfluss auf die graphischen Merkmale und die graphischen Wirkungen der Kartenzeichen nehmen.</li> </ul>	

Tab. 6.3.1-2: Abhängigkeit der syntaktisch-semantischen Elemente der graphischen Struktur von der Funktion

Die Strukturentwicklung bezüglich der graphischen Merkmale und Wirkungen taktiler Kartenzeichen, als die **syntaktisch-semantischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung**, ist von den darzustellenden Objektmerkmalen abhängig. Die graphischen Merkmale und graphischen Wirkungen taktiler Kartenzeichen können damit nicht durch variante Funktionen zielgerichtet beeinflusst werden und entwickeln sich im taktilen kartographischen Modellierungsprozess unabhängig von der vorbestimmten Funktion.

## 3) semantische Strukturelemente der graphischen Gestaltung (vgl. Kap. 5.3.2.1.3)

<b>STRUKTUR III FUNKTIONEN</b>	<b>OBJEKTMERKMALE UND DARSTELLUNGSMETHODEN</b>	<b>KARTENSCHRIFT</b>
INFORMATIONSTRÄGERFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die invariante Informationsträgerfunktion kann keinen Einfluss auf die Objektmerkmale, die kartographischen Darstellungsmethoden und die Kartenschrift nehmen.</li> </ul>	
KOMMUNIKATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Objektmerkmale des Darstellungsgegenstandes und die Kartenschrift können während der Modellierung nicht von den Kommunikationsfunktionen (Aufnahme, Verarbeitung, Übermittlung, Austausch von Informationen) beeinflusst werden.</li> </ul>	
ERKENNTNISFUNKTION / ORIENTIERUNGSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die Objektmerkmale des Darstellungsgegenstandes (als die primäre Determinante der Struktur) können generell nicht von den Erkenntnis- und/oder Orientierungsfunktionen beeinflusst werden. Sie sind generell <u>unabhängig</u> von der vorbestimmten Funktion.</li> <li>→ Die bestmögliche Kopplung der Objektmerkmale mit den Möglichkeiten des taktilen kartographischen Ausdrucks sind <u>funktionsunabhängig</u>. Dennoch erfordert eine logische Zuordnung von einheitlich strukturierten Zeichen zu einheitlich strukturierten Daten im Vorfeld die genaue Prüfung der Beschaffenheit der Daten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Braille-Schrift, die in taktilen Karten als ein wichtiges Element zur Erläuterung und Bezeichnung von Objekten dient, wird im Modellierungsprozess nicht durch die Erkenntnis- und/oder Orientierungsfunktionen beeinflusst.</li> <li>Schwarzschrift (als Großschrift) dient in Kombination mit der Braille-Schrift lediglich als redundante Informationskomponente.</li> <li>→ Die Kartenschrift entwickelt sich im taktilen kartographischen Modellierungsprozess <u>unabhängig</u> von ihren vorbestimmten Funktionen.</li> </ul>
SOZIALISATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Während des Modellierungsprozesses findet keine direkte Beeinflussung der Kartenschrift und der kartographischen Darstellungsmethoden durch die invarianten Sozialisationsfunktionen statt.</li> </ul>	

STRUKTUR III FUNKTIONEN	STANDARDISIERUNG DER TAKTILEN KARTENZEICHEN	BEDEUTUNGSINHALT DER KARTENZEICHEN
INFORMATIONSTRÄGER- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die invariante Informationsträgerfunktion kann weder den Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen noch die Bemühungen um eine Standardisierung von taktilen Kartenzeichen oder eine Normung von Gestaltungsregeln beeinflussen.</li> </ul>	
KOMMUNIKATIONS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Bemühungen um eine Standardisierung von Kartenzeichen oder einer Normung von Gestaltungsregeln sowie der Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen können während der Modellierung nicht von den Kommunikationsfunktionen direkt beeinflusst werden.</li> </ul>	
ERKENNTNIS- FUNKTION / ORIENTIERUNGS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die Bemühungen um die Standardisierung der taktilen Kartenzeichen oder einer Normung von Gestaltungsregeln und -richtlinien ist <u>unabhängig</u> von den vorbestimmten Erkenntnis- und/oder Orientierungsfunktionen.</li> <li>Stattdessen sollten diese Bemühungen an das kartographische Umsetzungsvermögen und die taktilen Fähigkeiten der einzelnen (Medien-) Nutzer angepasst werden. Die Standardisierung der taktilen Kartenzeichen steht somit in <u>direkter Verbindung</u> mit der kartographischen <u>Disposition</u> der Nutzer und kann durch sie im Voraus direkt beeinflusst werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Ein Zeichen kann sich nach PEIRCE auf das Bezeichnete durch Ähnlichkeit (ikonischer Darstellungscharakter), durch Hinweis (indexikalischer Darstellungscharakter) oder durch eine beliebige Übereinkunft (symbolischer Darstellungscharakter) beziehen. (vgl. Kap. 5.3.2.1.4-A) An dieser Stelle werden jedoch <u>keine</u> Ausrichtungen der Zeichen auf ihre vorbestimmten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen berücksichtigt.</li> <li><u>Aber</u>: Die Wahl des Ikonizitätsgrades visueller Karten ist dennoch abhängig vom Merkmalscharakter der jeweiligen Objektklasse, der Funktion der Darstellung und der Disposition der Nutzer. (Dagegen ist der Darstellungscharakter taktiler Karten [unabhängig von der Funktion] stets symbolisch und indexikalisch geprägt.)</li> </ul>
SOZIALISATIONS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die invarianten Sozialisationsfunktionen nehmen während des Modellierungsprozesses keinen Einfluss auf die Bemühungen um eine Standardisierung der taktilen Kartenzeichen und den Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen.</li> </ul>	

Tab. 6.3.1-3: Abhängigkeit der semantischen Elemente der graphischen Struktur von der Funktion

Auf die **semantischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung** und deren Strukturentwicklung können die invarianten sowie die angestrebten varianten Funktionen keinen gezielten Einfluss nehmen, da die semantischen Dimensionen der graphischen Gestaltung die logische Zuordnung von einheitlich strukturierten Zeichen zu einheitlich strukturierten Daten erfordert. Bei dieser logischen Zuordnung können noch keine Ausrichtungen der neu zu modellierenden taktilen kartographischen Medien auf spezifische, vorbestimmte Funktionen berücksichtigt werden.

**B) Komplexität** (vgl. Kap. 5.3.2.2)

<b>KOMPLEXITÄT FUNKTIONEN</b>	<b>KARTENBELASTUNG</b> (GRAPHISCHE ZEICHENDICHTE & INFORMATIONSBELASTUNG)	<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b> (ELEMENTKARTEN & POLYELEMENTKARTEN)
INFORMATIONSTRÄGERFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die invariante Informationsträgerfunktion wird von jedem taktilen kartographischen Medium immer erfüllt, ganz gleich was für und wie viele Inhaltselemente in welchem Abstand auf dem jeweiligen Zeichenträger abgebildet sind. Somit beeinflusst die Informationsträgerfunktion nicht das Strukturelement Komplexität.</li> </ul>	
KOMMUNIKATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die invariante Kommunikationsfunktion, deren wichtigste Aufgabe in der Aufnahme, Verarbeitung, Übermittlung und dem Austausch von kartographischen Informationen liegt, wird von jeder vorliegenden taktilen kartographischen Medienanwendung (mehr oder weniger gut) erfüllt; die Kommunikationsfunktion kann aber während der Modellierung keinen direkten Einfluss auf die graphische Zeichendichte, die Informationsbelastung und den Komplexitätsgrad einer entstehenden Medienanwendung ausüben.</li> </ul>	
ERKENNTNISFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die bestmögliche Erfüllung der Erkenntnisfunktionen (Informationsgewinnung, Erkenntnisgewinnung, Bewusstseinsbildung) erfordert in Abhängigkeit von dem vorgesehenen Verwendungszweck (z.B. für die geographische Grundausbildung in der Schule) und der kartographischen Disposition der Nutzer eine bestimmte graphische Zeichendichte und Informationsbelastung in der Karte.</li> <li>Die jeweilige Auswahl der darzustellenden Informationen hängt dabei immer von der Zweckbestimmung der zu erstellenden Medienanwendung ab. Ziel ist es, mit einer minimalen Anzahl von Kartenzeichen den spezifischen Teil der zu vermittelnden Informationen darzustellen.</li> <li>→ Die Erkenntnisfunktion kann somit die Strukturentwicklung in Bezug auf die Kartenbelastung <u>stark beeinflussen</u>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insbesondere die vorbestimmte Bildungsfunktion (Erkenntniserweiterung) erfordert in Abhängigkeit von der Disposition der Nutzer, dem angestrebten Bildungsziel sowie dem danach ausgewählten Kartenthema eine Element- oder eine Polyelementkarte.</li> <li>Polyelementkarten stellen dabei sehr hohe Anforderungen an die Nutzer.</li> <li>→ Die Erkenntnisfunktion <u>beeinflusst</u> im Voraus die Strukturentwicklung der entstehenden taktilen kartographischen Medienanwendung in Bezug auf den Komplexitätsgrad mit.</li> </ul>
ORIENTIERUNGSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die angestrebten Orientierungsfunktionen (Erhöhung der Mobilität, georäumliche Bewusstseinsbildung) können nur dann bestmöglich erfüllt werden, wenn die Kartenbelastung sowohl dem Verwendungszweck als auch der Disposition der zukünftigen Nutzer entspricht.</li> <li>→ Die Orientierungsfunktion kann die Kartenbelastung im Rahmen der Strukturentwicklung <u>beeinflussen</u>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Orientierung in einer bekannten oder unbekanntem bzw. der näheren oder weiteren Umgebung oder in einem Gebäudekomplex erfordert eine einfache Elementkarte.</li> <li>Polyelementkarten eignen sich nicht als Orientierungs- oder Mobilitätspläne.</li> <li>→ Die Orientierungsfunktionen <u>beeinflussen</u> den Komplexitätsgrad mit.</li> </ul>
SOZIALISATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es findet keine direkte Beeinflussung der Kartenbelastung oder des Komplexitätsgrades während des Modellierungsprozesses durch die Sozialisationsfunktionen statt.</li> </ul>	

Tab. 6.3.1-4: Abhängigkeit des Strukturelementes Komplexität von der Funktion

Die Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung in Bezug auf das Strukturelement **Komplexität** ist z.T. stark funktionsabhängig. So beeinflussen die varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen die Strukturentwicklung einer taktilen Kartographischen Medienanwendung in Bezug auf die Kartenbelastung und den Komplexitätsgrad entscheidend mit, derweil die invariante Informationsträgerfunktion sowie die invarianten Kommunikations- und Sozialisationsfunktionen während des Modellierungsprozesses generell keinen direkten Einfluss auf das Strukturelement Komplexität nehmen können.

**C) kartographische Abstraktion** (vgl. Kap. 5.3.2.3)

<b>ABSTRAKTION FUNKTIONEN</b>	<b>GEOMETRISCHE ABSTRAKTION</b>	<b>BEGRIFFSGENERALISIERUNG</b>
INFORMATIONSTRÄGERFUNKTION	• Die geometrische Abstraktion und die Begriffsgeneralisierung werden nicht durch die Informationsträgerfunktion beeinflusst.	
KOMMUNIKATIONSFUNKTION	• Die Kommunikationsfunktionen können im Voraus keinen Einfluss auf die geometrische Abstraktion und die Begriffsgeneralisierung nehmen.	
ERKENNTNISFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine erfolgreiche Erfüllung der vorbestimmten Erkenntnisfunktionen erfordert grundrissbezogene Vereinfachungen, Verdrängungen, Vergrößerungen und Zusammenfassungen von Inhaltselementen, bei denen einerseits die Topologie gewahrt werden soll und die andererseits den Anforderungen an die taktile Wahrnehmung entsprechen müssen (in Abhängigkeit von der kartographischen Disposition der zukünftigen Nutzer).</li> <li>• → Die Erkenntnisfunktion <u>beeinflusst</u> im Voraus die geometrische Abstraktion in der Form, als dass die dargestellten Großformen (Objekte) durch eine entsprechende graphische Herausarbeitung, Betonung und Hervorhebung zweckentsprechend gestaltet werden, um von den jeweiligen Zielgruppen gut wahrgenommen, richtig erkannt (und wieder erkannt) und voneinander diskriminiert werden können.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die thematische Abstraktion ist sehr stark von den angestrebten Erkenntnisfunktionen (Informationsgewinnung, Erkenntnisgewinnung, Bewusstseinsbildung) abhängig.</li> <li>• Insbesondere die Bildungsfunktion (Erkenntnisgewinnung) erfordert in Abhängigkeit von der Disposition der Nutzer, dem angestrebten Bildungsziel (Anwendungszweck) sowie dem Kartenthema eine angemessene Begriffsgeneralisierung in Form einer qualitativen und/oder quantitativen Informationsreduzierung.</li> <li>• → Die Erkenntnisfunktion <u>bestimmt</u> die Begriffsgeneralisierung <u>mit</u>.</li> </ul>
ORIENTIERUNGSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• → Die Orientierungsfunktion <u>beeinflusst</u> die geometrische Abstraktion in der Form, als dass ausgewählte Großformen (Objekte), die besonders zur Orientierung im Gelände/Gebäude benötigt werden, entsprechend graphisch herausgearbeitet, betont und hervorgehoben werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• → Die Orientierungsfunktion <u>beeinflusst</u> die Begriffsgeneralisierung sehr stark, indem Informationen, die nicht der unmittelbaren Orientierung dienen, reduziert werden können.</li> <li>• Diese Reduzierungen müssen nicht nur dem konkreten Verwendungszweck sondern auch der kartographischen Disposition der zukünftigen Nutzer entsprechen.</li> </ul>
SOZIALISATIONSFUNKTION	• Die Sozialisationsfunktionen nehmen keinen direkten Einfluss auf die kartographische Abstraktion (geometrische Abstraktion, Begriffsgeneralisierung)	

Tab. 6.3.1-5: Abhängigkeit des Strukturelementes kartographische Abstraktion von der Funktion

Das Strukturelement **kartographische Abstraktion** wird von den vorbestimmten varianten Funktionen des zu modellierenden taktilen kartographischen Mediums stark beeinflusst. Die kartographische Abstraktion ist aber nicht nur von der zu erzielenden varianten Funktion abhängig, sondern vor allem auch von der kartographischen Disposition der zukünftigen Nutzer und darüber hinaus von dem individuellen Können der jeweiligen Kartenbearbeiter, insbesondere beim intuitiven Abstrahieren, das als eine sehr typische und häufige Methode zur Abstraktion taktiler Karten gilt.

**D) Maßstab** (vgl. Kap. 5.3.2.4)

<b>MAßSTAB</b> FUNKTIONEN	VERKLEINERUNGSVERHÄLTNIS / DIMENSIONSSTUFEN
INFORMATIONSTRÄGERFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der ausgewählte Maßstab wird nicht durch die Informationsträgerfunktion beeinflusst.</li> </ul>
KOMMUNIKATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der ausgewählte Maßstab wird nicht durch die Kommunikationsfunktionen beeinflusst.</li> </ul>
ERKENNTNISFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taktile chorographische Detail- und Landkarten (chorologische Dimension), geographische Detailkarten (regionale Dimension) sowie Kontinent- und Weltkarten (globale Dimension) sollen in Schule und/oder Freizeit in erster Linie der Wissensübermittlung und Wissenserweiterung dienen. Damit die angestrebten Funktionen so gut wie möglich erfüllt werden können, erfordern diese Medien einen jeweils zweckentsprechenden Maßstabsbereich.</li> <li>• → Die Erkenntnisfunktion <u>beeinflusst</u> damit die Auswahl des Verkleinerungsverhältnisses mit.</li> </ul>
ORIENTIERUNGSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taktile Orientierungs- und Mobilitätspläne, Stadtteilkarten, Stadtpläne und topographische Karten sollen in erster Linie der Erhöhung der Mobilität und der georäumlichen Bewusstseinsbildung dienen. Um diese vorbestimmten Funktionen erfüllen zu können, erfordern sie einen entsprechenden Maßstabsbereich der topologischen Dimension (vgl. Kap. 5.3.2.4).</li> <li>• → Die Orientierungsfunktion <u>beeinflusst</u> so die Auswahl des Verkleinerungsverhältnisses mit.</li> </ul>
SOZIALISATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der auszuwählende Maßstab wird nicht durch die Sozialisationsfunktionen beeinflusst.</li> </ul>

Tab. 6.3.1-6: Beeinflussung des Maßstabes durch die Funktion

Der **Maßstab** ist immer abhängig von der Funktionalität des neu zu erstellenden taktilen kartographischen Mediums. Das Verkleinerungsverhältnis wird somit in erster Linie zweckentsprechend ausgewählt, da der Maßstab über Inhalt und Aussagemöglichkeiten des Mediums entscheidet. Demnach können die varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen in Bezug auf den Maßstab Einfluss auf die Strukturentwicklung taktiler kartographischer Medien nehmen. Informationsträgerfunktion, Kommunikationsfunktion und Sozialisationsfunktion haben dagegen keinen Einfluss auf das auszuwählende Verkleinerungsverhältnis.

**E) Kartenblatt** (vgl. Kap. 5.3.2.5)

Ein Großteil der äußeren Gestaltungsmerkmale einer traditionellen taktilen kartographischen Medienanwendung, wie die **Platzierung** von **Kartentitel**, **Maßstabsangaben**, **Nordpfeil** und **Kartenrahmen** sowie die **Legendengestaltung**, werden nicht unmittelbar durch die Funktion des Mediums beeinflusst und bestimmt, weder durch die invarianten Informationsträger-, Sozialisations- und Kommunikationsfunktionen noch durch die varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen. Dennoch sollte sich die gesamte Kartenblattgestaltung nach den von den Medien zu erfüllenden Funktionen richten und gleichzeitig der Disposition der jeweiligen Nutzer entgegen kommen (vgl. Kap. 6.3.2-E).

Eine Ausnahme bildet die **Auswahl des Formates**, da dieses äußere Gestaltungsmerkmal einer traditionellen taktilen kartographischen Medienanwendung vorrangig von der Zweckbestimmung des Mediums und darüber hinaus von der geplanten Informationsdichte und dem Maßstab abhängt. Die angestrebte Funktionalität kann zielgerichteten Einfluss auf die Wahl des Formates nehmen.

Die **Formulierung des Kartentitels** kann und sollte sich nach dem Kartenthema und/oder dem Verwendungszweck des Mediums richten, um den Nutzern eine Möglichkeit zur schnellen Kenntnisnahme und Verständigung über Kartenthema und Karteninhalt zu bieten. Obwohl die Verfassung des Kartentitels nicht unbedingt in Abhängigkeit von der vorbestimmten Funktion erfolgen muss, sollte der Titel dennoch zur besseren Verständlichkeit der Benutzer stets funktionsabhängig ausformuliert werden.

**F) Auditive Variablen und Vibrationen** (vgl. Kap. 5.3.2.6)

<b>ELEMENT FUNKTIONEN</b>	<b>AUDITIVE VARIABLEN (TEXTLICHE UND NICHT TEXTLICHE TONAUSGABE)</b>	<b>VIBRATIONEN</b>
INFORMATIONSTRÄGERFUNKTION	• Auditive Variablen und Vibrationen werden nicht durch die invariante Informationsträgerfunktion im Voraus beeinflusst.	
KOMMUNIKATIONSFUNKTION	• Auditive Variablen und Vibrationen können im Voraus nicht durch die invarianten Kommunikationsfunktionen beeinflusst werden.	
ERKENNTNISFUNKTION / ORIENTIERUNGSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nahezu alle neuen taktilen kartographischen Medien werden mit akustischen Komponenten ergänzt (z.T. treten sie auch als eigenständige Komponente auf). Hier gibt es funktionsabhängige und funktionsunabhängige Erscheinungsformen der auditiven Variablen.</li> <li>• → <b>funktionsabhängig</b>: Der Einsatz von <b>Sprache</b> (textliche Tonausgabe) dient als wichtige Komponente zur Erhöhung der Lern- und Gedächtnisleistung sowie zur funktionsabhängigen Interpretation, Erklärung und Kommentierung von darzustellenden Karteninhalten und Sachverhalten oder zur Beschreibung von selbst ausgewählten Routen. Die angestrebten Erkenntnis- und/oder Orientierungsfunktionen können hier im Voraus gezielten Einfluss auf Einsatz, Auftreten und Umfang der auditiven Variablen nehmen.</li> <li>• → <b>funktionsunabhängig</b>: Der Einsatz von <b>Sprache</b> dient als eigenständige oder als redundante Komponente zur Kartenschrift bei der konkreten Benennung von Objekten auf dem Kartenblatt (z.B. die Benennung von Ländern, Städten, Gebäuden, Straßen etc.).</li> <li>• → <b>funktionsabhängig</b>: <b>Musik</b> (nicht textliche Tonausgabe) als zusätzliches Informations- und Gestaltungselement einer neuen taktilen kartographischen Medienanwendung.</li> <li>• → <b>funktionsabhängig</b>: <b>Geräusche</b> (nicht textliche Tonausgabe) als Signaltöne, um umgehende Aufmerksamkeit zu erlangen (z.B. GPS-gestützte Navigationssysteme) oder als zusätzliches Gestaltungselement (z.B. Tierstimmen).</li> <li>• → <b>funktionsunabhängig</b>: <b>Klangvariablen</b> (nicht textliche Tonausgabe) dienen der funktionsunabhängigen Charakterisierung von Objekten und Objektmerkmalen. Einheitlich strukturierte Daten werden akustischen Klangvariablen zugeordnet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um topographische Darstellungsobjekte und Objektmerkmale besser zu kennzeichnen, zu charakterisieren und zugleich gut wahrnehmbar zu gestalten, können verschiedene Vibrationen variabel eingesetzt werden. So besteht die Möglichkeit, mit Hilfe von unterschiedlichen Vibrationen eine gegenständliche Kennzeichnung von Übergängen von einem Objekt zum anderen oder die Kennzeichnung von Grenzen oder Abgrenzungen in einer neuen taktilen kartographischen Medienanwendung (unabhängig von der Medienfunktion) zum Ausdruck zu bringen.</li> <li>• → Die Strukturentwicklung bezüglich der Vibrationen erfolgt im Modellierungsprozess <u>unabhängig</u> von den angestrebten Erkenntnis- und/oder Orientierungsfunktionen.</li> </ul>
SOZIALISATIONSFUNKTION	• Sozialisationsfunktionen beeinflussen nicht im Voraus die Strukturentwicklung von auditiven Variablen und Vibrationen.	

Tab. 6.3.1-7: Abhängigkeit der auditiven Variablen und Vibrationen von der Funktion

Wie der tabellarischen Zusammenstellung 6.3.1-7 zu entnehmen ist, kann die Strukturentwicklung der auditiven Variablen (textliche Tonausgabe: auditive Sprachvariablen; nicht textliche Tonausgabe: Klangvariablen, Geräusche, Musik) und Vibrationen teilweise durch die vorbestimmten varianten Funktionen zielgerichtet beeinflusst werden.

Auditive Variablen und Vibrationen lassen sich generell nicht durch die invarianten Funktionen beeinflussen.

Abschließend lässt sich der Untersuchungsgegenstand wie folgt zusammenfassen:

Die **Objektstruktur** bzw. die Objektmerkmale des Darstellungsgegenstandes, als die in den taktilen kartographischen Medien modellierte Wirklichkeit (primäre Determinante der Struktur) sowie die zur Verfügung stehenden (Geo-) Daten sind generell **unabhängig** von den vorbestimmten **varianten Funktionen**. Sie können zu keinem Zeitpunkt direkt oder indirekt beeinflusst werden.

Die Entwicklung nachstehender Strukturelemente erfolgt ebenfalls **unabhängig** von der **vorbestimmten varianten Funktion**, aber in Abhängigkeit von den Objektmerkmalen: die syntaktischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung (Superisationsvorgänge, Lagegenauigkeit und Diskrimination taktiler Kartenzeichen); die syntaktisch-semanticen Strukturelemente der graphischen Gestaltung (graphische Merkmale und graphische Wirkungen

der taktilen Kartenzeichen); die semantischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung (Darstellungsmethoden, Kartenschrift, Standardisierung von taktilen Kartenzeichen und der Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen); ausgewählte Kriterien der äußeren Kartenblattgestaltung wie die Platzierung von Kartentitel, Maßstabsangaben, Nordpfeil und Kartenrahmen sowie die Legendengestaltung; Vibrationen und auditive Variablen (nicht textliche Tonausgabe: Klangvariablen; textliche Tonausgabe: auditive Sprachvariablen zur Benennung von Objekten).

Die vorbestimmten **varianten Funktionen** können aber Einfluss auf die Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung nehmen.

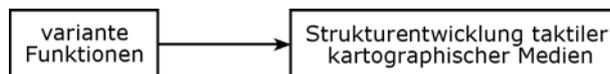


Abb. 6.3.1-1: Einfluss der varianten Funktionen auf die Strukturentwicklung

Folgende Strukturelemente können bzw. sollten sich **in Abhängigkeit** von den **vorbestimmten Funktionen** entwickeln: die Komplexität (Kartenbelastung, Komplexitätsgrad); die kartographische Abstraktion (geometrische Abstraktion, Begriffsgeneralisierung); das ausgewählte Verkleinerungsverhältnis bzw. der Maßstab; ausgewählte Kriterien der äußeren Kartenblattgestaltung (wie z.B. die Auswahl des Formates, die Formulierung des Kartentitels) sowie auditive Variablen (textliche Tonausgabe: auditive Sprachvariablen zur Interpretation, Erklärung und Kommentierung der dargestellten Karteninhalte; nicht textliche Tonausgabe: Geräusche, Musik).

Die in den Abschnitten A bis F durchgeführte Analyse zeigt, dass die zu Beginn des Kapitels 6.3.1 geäußerte Vermutung, dass sich bestimmte Strukturelemente unabhängig von der vorbestimmten Funktion entwickeln können, während andere stark von der angestrebten Funktionalität abhängen, zutrifft. So werden nicht alle Strukturelemente des Medienaspektes Symbolsystem (graphische Struktur, Komplexität, kartographische Abstraktion, Maßstab, Kartenblatt, zusätzliche Strukturelemente der neuen Medien) von den angestrebten varianten Funktionen bestimmt.

Die invarianten Funktionen können dagegen generell keinen Einfluss auf die Strukturentwicklung einer neu entstehenden taktilen kartographischen Medienanwendung ausüben.

Alle Strukturelemente, die von einer varianten Funktion beeinflusst werden, müssen und sollen sich im taktilen kartographischen Modellierungsprozess dieser Beeinflussung unterordnen, denn wenn sich nur ein einzelnes Strukturelement über die zielgerichtete Beeinflussung der vorgegebenen und vorbestimmten Funktionen darüber hinweg setzt, wirkt sich das weiter auf die gesamte (Medien-) Struktur bzw. den Verlauf der gesamten Strukturentwicklung der neu entstehenden taktilen kartographischen Medienanwendung negativ aus.

Werden die Beeinflussungen der varianten Funktionen auf die Strukturentwicklung der taktilen kartographischen Medienanwendung während des Modellierungsprozesses nicht erkannt, ungenügend bzw. fehlerhaft umgesetzt oder gar nicht erst berücksichtigt, ist das vor allem auf die mangelhafte Disposition der Modellierer zurückzuführen (vgl. Abb. 6.3-3). Diese (Struktur-) Mängel wirken sich während des Kartennutzungsprozesses in erster Linie auf die Erfüllung der invarianten Funktionen aus (vgl. Kap. 6.3.2).

Um eine genaue Abfolge der Strukturelemente nach dem Grad ihrer Funktionsabhängigkeit zu erstellen, müssen sich weiterführende theoretische und empirische Untersuchungen anschließen. Die soeben erfolgte Analyse kann dazu als gute Ausgangsbasis dienen.

Abbildung 6.3.1-2 fasst in einem abschließenden Überblick noch einmal alle Komponenten der Struktur zusammen, die sich entweder abhängig oder unabhängig von den vorbestimmten varianten Funktionen entwickeln können.

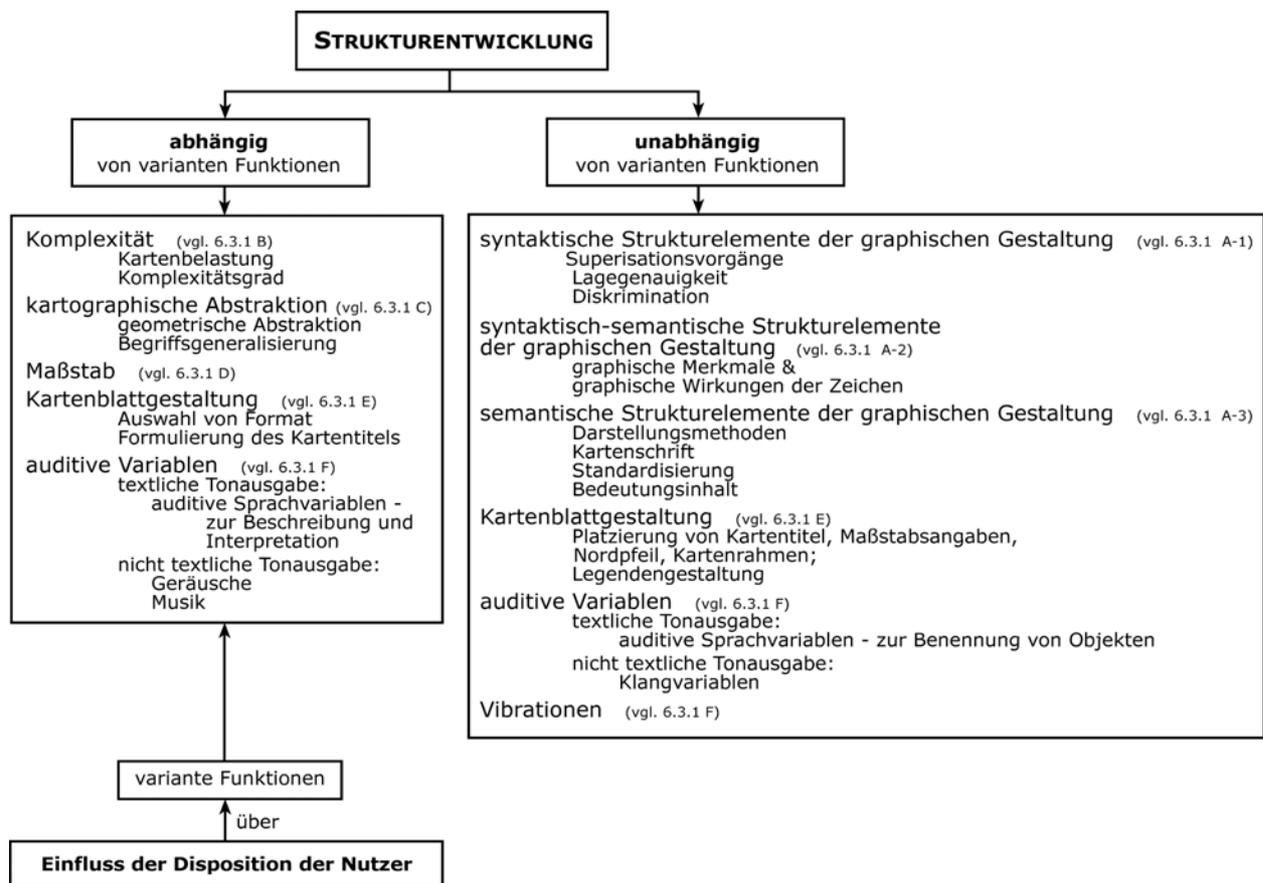


Abb. 6.3.1-2: Abhängigkeit der Strukturentwicklung von den varianten Funktionen und der kartographischen Disposition der Nutzer

Die **kartographische Disposition der Nutzer** kann die klare Festlegung und Eingrenzung der von dem Medium zukünftig zu erfüllenden varianten Funktionen beeinflussen, d.h. die Festlegung und Eingrenzung der varianten Funktionen muss (bzw. sollte) immer in Abhängigkeit von der jeweiligen kartographischen Disposition der zukünftigen Nutzer erfolgen.



Abb. 6.3.1-3: Der Einfluss der kartographischen Disposition der Nutzer auf die Funktion

Die **kartographische Disposition der Nutzer** kann einen entscheidenden Einfluss auf die Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung nehmen. Sie kann sich entweder direkt oder über die vorbestimmten varianten Funktionen auf die Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung auswirken.



Abb. 6.3.1-4: Die Abhängigkeit der Strukturentwicklung von der kartographischen Disposition der Nutzer

Die **kartographische Disposition der Nutzer** kann, unabhängig von den vorbestimmten varianten Funktionen, die Entwicklung folgender Strukturelemente direkt beeinflussen: Diskrimination; Standardisierung und Normung von taktilen Kartenzeichen und Gestaltungsregeln; Legendengestaltung; Platzierung von Kartentitel, Maßstabsangaben, Nordpfeil, Kartenname (vgl. Abb. 6.3.1-5).

Über die vorbestimmten varianten Funktionen kann die **kartographische Disposition der Nutzer** Einfluss auf die Entwicklung folgender Strukturelemente nehmen: Komplexität, kar-

tographische Abstraktion, Maßstab, Kartenblattgestaltung, auditive Variablen der textlichen und nicht textlichen Tonausgabe (vgl. Abb. 6.3.1-2 und Abb. 6.3.1-4).

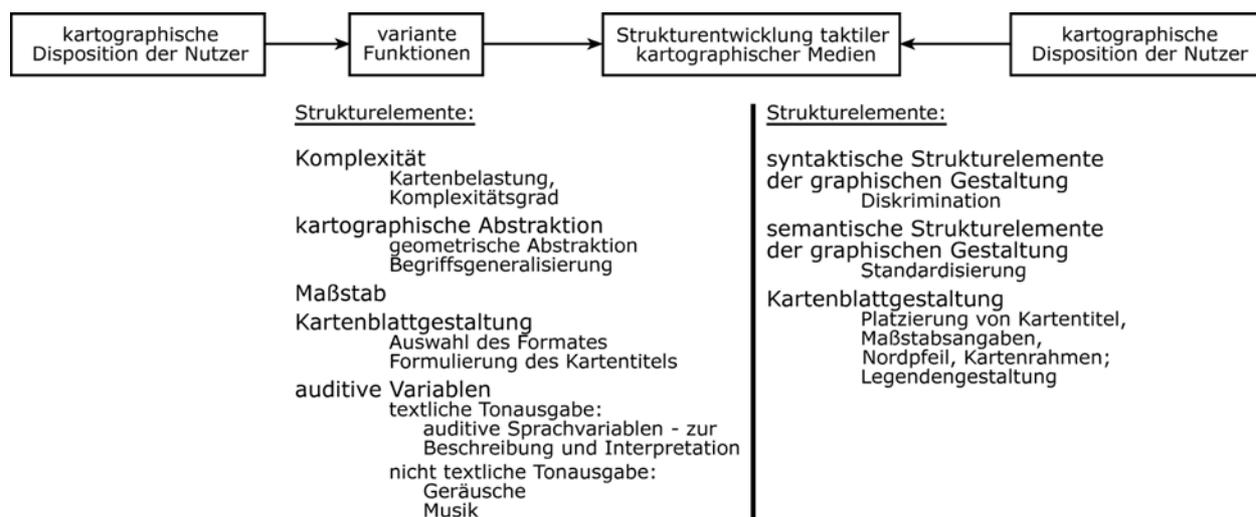


Abb. 6.3.1-5: Abhängigkeit der Strukturentwicklung von der kartographischen Disposition der Nutzer

Die **kartographische Disposition der Nutzer** nimmt im Prozess der Kartennutzung Einfluss auf die Erfüllung der invarianten Funktionen. Invariante Funktionen können aber keinen direkten Einfluss auf die Strukturentwicklung nehmen, während die vorbestimmten varianten Funktionen einen direkten Einfluss auf die neu entstehende Struktur einer taktilen kartographischen Medienanwendung ausüben können.

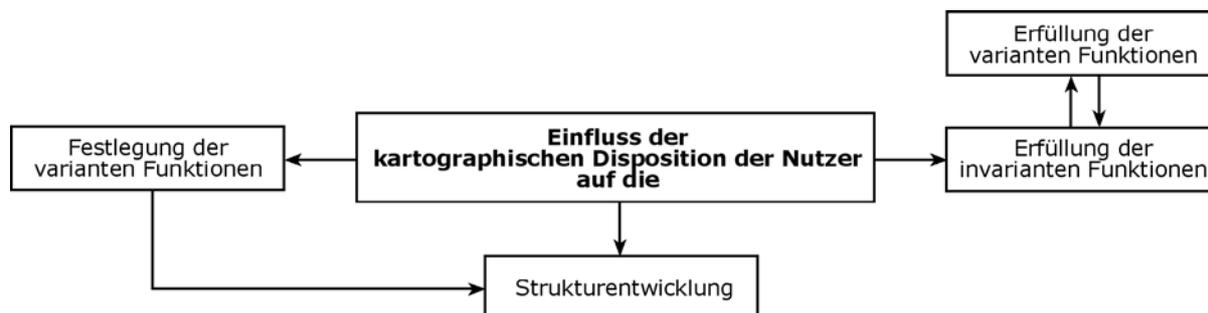


Abb. 6.3.1-6: Der Einfluss der kartographischen Disposition der Nutzer auf Struktur und Funktion

### 6.3.2 Die Beeinflussung invarianter Funktionen durch die Struktur

Die bestehende **Struktur** einer fertigen Medienanwendung bestimmt während der Phasen der Inspektion durch den Nutzer und während des Kartennutzungsprozesses **rückwirkend** über die tatsächlichen Funktionseigenschaften eines existierenden taktilen kartographischen Mediums (vgl. Kap. 6.3), d.h. die fertige Struktur entscheidet im Nachhinein über die Funktionalität und Effizienz eines Mediums mit, sie kann diese sogar beeinträchtigen und der Funktionalität der Medienanwendung rückwirkend Grenzen setzen.

Eine vereinfachte und auf das Wesentliche eines Sachverhaltes reduzierte taktile kartographische Darstellung vermag ihre vorbestimmten Funktionen nur dann optimal zu erfüllen, wenn ihre Inhaltselemente klar strukturiert, klar erkennbar und klar voneinander differenzierbar sind. Anderenfalls kann die taktile kartographische Abbildung ihre vorgesehenen Funktionen nicht in vollem Umfang, im schlimmsten Fall sogar überhaupt nicht erfüllen. Die Effizienz eines fertigen taktilen kartographischen Mediums spiegelt sich in erster Linie im Grad der Erfüllung der invarianten Kommunikationsfunktionen wider und wirkt sich über sie weiter auf die Erfüllung oder Nichterfüllung der hierarchisch übergeordneten und vorbestimmten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen aus.

In der folgenden Analyse sollen die Strukturelemente des Medienaspektes Symbolsystem untersucht werden, die von den invarianten Funktionen direkt beeinflusst werden können.

## A) graphische Struktur (vgl. Kap. 5.3.2.1)

### 1) syntaktische Strukturelemente der graphischen Gestaltung (vgl. Kap. 5.3.2.1.1)

STRUKTUR I FUNKTIONEN	KARTENZEICHENSYSTEM UND SUPERISATIONSVORGÄNGE	LAGEGENAUIGKEIT (ABSOLUTE & RELATIVE LAGE)	DISKRIMINATION
INFORMATIONSTRÄGER- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Superisationsvorgänge, Lagegenauigkeit und die Diskrimination der Kartenzeichen üben rückwirkend <u>keinerlei Einfluss</u> auf die invariante Informationsträgerfunktion aus.</li> </ul>		
KOMMUNIKATIONS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Superzeichenbildung von taktilen Kartenzeichen erfordert andere Regeln, Methoden und Gestaltungskriterien, als das Zusammensetzen von visuellen Kartenzeichen, die unbedingt eingehalten werden müssen, um später die Kommunikationsfunktionen rückwirkend erfüllen zu können.</li> <li>→ Setzen sich die verwendeten Kartenzeichen aus nur wenigen optimal strukturierten Elementarteilchen zusammen, trägt das zur bestmöglichen <u>Erfüllung</u> der Kommunikationsfunktionen bei.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die absolute Lage von taktilen Kartenzeichen, die von sowohl semantischen als auch syntaktischen Dimensionen festgelegt wird (z.B. die Einhaltung eines erforderlichen Mindestabstandes zu taktilen Nachbarzeichen, die Mindestdarstellungsgröße), wirkt sich rückwirkend auf die Erfüllung oder Nichterfüllung der Kommunikationsfunktionen aus und <u>beeinflusst</u> diese.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die Diskriminationsfähigkeit der taktilen Kartenzeichen nimmt rückwirkend <u>starken Einfluss</u> auf den Grad der Erfüllung der Kommunikationsfunktionen.</li> <li>Die Erfüllung der Kommunikationsfunktionen wird jedoch im Voraus optimiert, wenn prägnante und kontrastreiche Kartenzeichen vorliegen, bei denen die notwendigen Mindestabstände zwischen den graphischen Grundelementen innerhalb des Zeichens eingehalten worden sind.</li> </ul>
ERKENNTNIS- FUNKTION / ORIENTIERUNGS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ein taktilen kartographisches Zeichensystem, das sich durch eine logische Ordnung sowie eine graphische Homogenität der Kartenzeichen (welches die Lesbarkeit und graphische Erkennbarkeit von Beziehungen zwischen den Kartenzeichen beinhaltet) auszeichnet, trägt zur Erfüllung der Kommunikationsfunktionen und darauf aufbauend zur weiteren Erfüllung der hierarchisch übergeordneten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen bei.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Besonders die Charakterisierung der Lage von bedeutungstragenden Objekten zu anderen bedeutungstragenden Objekten (relative Lage) wirkt sich über die Kommunikationsfunktionen und die Erkenntnisfunktionen auf die weitere Erfüllung der Orientierungsfunktion aus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taktile Kartenzeichen, die beispielsweise zu nahe beieinander liegen und deshalb nicht als separate Zeichen sondern als ein gemeinsames Objekt wahrgenommen werden, können zu Fehlinterpretationen und Informationsverlusten führen.</li> <li>→ Der Grad der Erfüllung der Kommunikationsfunktionen wirkt sich in Bezug auf die Diskrimination auf die weitere Erfüllung oder Nichterfüllung der Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen aus.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Superzeichenbildung, Lagegenauigkeit und Diskriminationsfähigkeit der taktilen Kartenzeichen können jedoch rückwirkend <u>keinen direkten Einfluss</u> auf die (ursprünglich) angestrebten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen nehmen.</li> </ul>		
SOZIALISATIONS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ein Zeichensystem, das über keine logische Ordnung und eine graphische Inhomogenität verfügt, lässt das Interesse an dem Medium und die Motivation der Kartennutzer schnell sinken. Gleichzeitig können sich negativ behaftete Emotionen, wie z.B. Unsicherheit gegenüber der Anwendung, einstellen.</li> <li>→ Die Sozialisationsfunktionen können durch das jeweilige taktile kartographische Zeichensystem rückwirkend <u>beeinflusst</u> werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eine falsche Charakterisierung bzw. Angabe der relativen Lage kann besonders bei Orientierungs- und Mobilitätsplänen die emanzipatorischen Funktionen und die Funktionen des Mediums als Integrations- und Lebenshilfe einschränken.</li> <li>→ Die Sozialisationsfunktionen können durch die Lagegenauigkeit rückwirkend mit <u>beeinflusst</u> werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kartenzeichen, die z.B. aufgrund von Überschneidungen, wegen keinen klaren und scharfen Abgrenzungen, wegen partiellen Verdeckungen oder zu geringen Abständen bei den Nutzern zu Fehlinterpretationen führen, beeinflussen die Motivationsfunktion, die subjektiven Gefühle und die emanzipatorischen Funktionen negativ.</li> <li>→ Die Diskrimination taktiler Kartenzeichen <u>beeinflusst</u> rückwirkend die Sozialisationsfunktionen.</li> </ul>

Tab. 6.3.2-1: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von den syntaktischen Elementen der graphischen Struktur

Alle Beeinflussungen der invarianten Kommunikations- und Sozialisationsfunktionen sowie der hierarchisch übergeordneten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen, die durch die syntaktischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung zustande kommen, stehen in starker Abhängigkeit zu der individuellen kartographischen Disposition der Nutzer!

2) syntaktisch-semantische Strukturelemente der graphischen Gestaltung (vgl. Kap. 5.3.2.1.2)

STRUKTUR II FUNKTIONEN	GRAPHISCHE MERKMALE DER KARTENZEICHEN (FORM- UND GRÖßENRELATIONEN)	GRAPHISCHE WIRKUNGEN DER KARTENZEICHEN (ASSOZIATIVE & DISSOZIATIVE WIRKUNGEN)
INFORMATIONSTRÄGER-FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Weder</u> die graphischen Merkmale <u>noch</u> die graphischen Wirkungen der taktilen Kartenzeichen können rückwirkend Einfluss auf die invariante Informationsträgerfunktion nehmen.</li> </ul>	
KOMMUNIKATIONS-FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die (rein graphischen) Form- und Größenrelationen müssen den Anforderungen an die taktile Wahrnehmung entsprechen (vgl. Diskrimination), damit die Kommunikationsfunktionen im Karten-nutzungsprozess im vollen Umfang erfüllt werden können.</li> <li>• → Die bestehenden graphischen Merkmale der taktilen Kartenzeichen <u>beeinflussen</u> rückwirkend die Kommunikationsfunktionen mit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund der geringeren Auflösung des Tastsinnes gegenüber dem Sehsinn müssen sich die taktilen Kartenzeichen durch prägnante und kontrastreiche Merkmale auszeichnen, die Länge der taktilen graphischen Variablen darf dabei nicht zu hoch ausfallen und die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten der Variablen sollten gut durchdacht sein, damit die Kommunikationsfunktionen bestmöglich erfüllt werden können.</li> <li>• → Die vorhandenen graphischen Wirkungen der taktilen Kartenzeichen <u>beeinflussen</u> rückwirkend die Kommunikationsfunktionen mit.</li> </ul>
ERKENNTNIS-FUNKTION / ORIENTIERUNGS-FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Grad der Erfüllung der Kommunikationsfunktionen wirkt sich in Bezug auf die graphischen Merkmale und Wirkungen der taktilen Kartenzeichen auf die weitere Erfüllung oder Nichterfüllung der hierarchisch übergeordneten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen aus.</li> <li>• → Die graphischen Merkmale und Wirkungen der taktilen Kartenzeichen können jedoch rückwirkend <u>keinen direkten Einfluss</u> auf die (ursprünglich) angestrebten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen nehmen.</li> </ul>	
SOZIALISATIONS-FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die taktilen kartographischen Medien erfordern die vollständige Ausschöpfung der zur Verfügung stehenden graphischen Ausdrucksmittel des taktilen kartographischen Zeichensystems. Dabei dürfen die Anforderungen an die taktile Wahrnehmung generell nicht außer Acht gelassen werden.</li> <li>• Werden all diese Kriterien von dem fertigen taktilen kartographischen Medium erfüllt, wirkt sich das im Nachhinein positiv auf die Erfüllung aller Sozialisationsfunktionen aus.</li> <li>• → Die fertige (Medien-) Struktur <u>beeinflusst</u> somit rückwirkend die Sozialisationsfunktionen.</li> </ul>	

Tab. 6.3.2-2: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von den syntaktisch-semantischen Elementen der graphischen Struktur

3) semantische Elemente Strukturelemente der graphischen Gestaltung (vgl. Kap. 5.3.2.1.3)

STRUKTUR III FUNKTIONEN	OBJEKTMERKMALE UND DARSTELLUNGSMETHODEN	KARTENSCHRIFT
INFORMATIONSTRÄGER-FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartenschrift, Objektmerkmale und kartographische Darstellungsmethoden können rückwirkend <u>keinen Einfluss</u> auf die invariante Informationsträgerfunktion ausüben.</li> </ul>	
KOMMUNIKATIONS-FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die taktile kartographische Beschreibung eines Objektes besteht i.A. aus Angaben über seinen räumlichen, sachlichen und zeitlichen Bezug. Damit die Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport optimal erfüllt werden können, erfordert die kartographische Darstellung (thematischer) Sachverhalte im Voraus die bestmögliche Kopplung der Objektmerkmale mit den Möglichkeiten des taktilen kartographischen Ausdrucks.</li> <li>• → Die kartographische Darstellung (thematischer) Sachverhalte <u>beeinflusst</u> rückwirkend die Kommunikationsfunktionen mit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In taktilen Karten stellt die Braille-Schrift ein zusätzlich zu ertastendes Objekt dar, welches u.a. eine Mindestgröße beansprucht, die Komplexität der Abbildung vergrößert und damit die Schwelle der Erkennbarkeit senkt.</li> <li>• Schwarzschrift (als Großschrift) dient in Kombination mit der Braille-Schrift als redundante Informationskomponente.</li> <li>• → Die verwendete Kartenschrift nimmt im Kartennutzungsprozess Einfluss auf die Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport und <u>beeinflusst</u> damit die Erfüllung (oder Nichterfüllung) der invarianten Kommunikationsfunktionen.</li> </ul>

6. Wechselwirkung von Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien

STRUKTUR III FUNKTIONEN	OBJEKTMERKMALE UND DARSTELLUNGSMETHODEN	KARTENSCHRIFT
ERKENNTNIS- FUNKTION / ORIENTIERUNGS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Kopplung der Objektmerkmale mit den Möglichkeiten des taktilen kartographischen Ausdrucks wirkt sich über die Erfüllung der Kommunikationsfunktionen weiter auf die Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen aus.</li> <li>→ Kartenschrift, Objektmerkmale und Darstellungsmethoden können rückwirkend <u>keinen direkten Einfluss</u> auf die angestrebten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen nehmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die eingesetzte Kartenschrift (Braille-Schrift und Schwarzschrift als Großschrift) wirkt sich über den Grad der Erfüllung der Kommunikationsfunktionen auf die weitere Erfüllung der Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen aus.</li> </ul>
SOZIALISA- TIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimal miteinander kombinierte graphische Variablen und entsprechend richtig angewendete kartographische Darstellungsmethoden tragen dazu bei, dass die im Medium dargestellten Daten (qualitativ, ordnend, quantitativ) von ihren Nutzern schnell und richtig erfasst werden können. Das wirkt sich positiv auf die subjektiven Gefühle der Nutzer gegenüber dem Medium (z.B. durch Zuneigung, Zufriedenheit, Selbstsicherheit) aus und trägt zur Motivation der Nutzer bei.</li> <li>→ Die kartographischen Gestaltungsmittel, die zur Datenpräsentation von konkreten Gegenständen und abstrakten Sachverhalten dienen, können im Kartennutzungsprozess <u>Einfluss</u> auf die Sozialisationsfunktionen nehmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schrift, die der Erläuterung und Benennung von dargestellten Objekten auf dem kartographischen Medium dient, kann einen mehr oder weniger starken Einfluss auf die Prozesse der Kommunikation, Erkenntnisgewinnung und Orientierung ausüben und bei ihrem bestmöglichen Einsatz dazu beitragen, dass das Medium als Integrations- und Lebenshilfe von seinem Nutzer akzeptiert und gerne benutzt wird.</li> <li>Nutzer, die Braille-Schrift nicht lesen können, sind benachteiligt, was zur Ablehnung der gesamten Medienanwendung führen kann.</li> <li>→ Die verwendete Kartenschrift nimmt im Kartennutzungsprozess <u>Einfluss</u> auf die Sozialisationsfunktionen.</li> </ul>
STRUKTUR III FUNKTIONEN	STANDARDISIERUNG DER TAKTILEN KARTENZEICHEN	BEDEUTUNGSINHALT DER KARTENZEICHEN
INFORMATIONSTRÄGER- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der Bedeutungsinhalt der taktilen Kartenzeichen sowie die Bemühungen um die Standardisierung der taktilen Kartenzeichen können die invariante Informationsträgerfunktion im Nachhinein <u>nicht beeinflussen</u>.</li> </ul>	
KOMMUNIKATIONS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bis heute hat sich kein international oder national standardisiertes System von taktilen Kartenzeichen durchgesetzt.</li> <li>→ Dennoch tragen leicht zu identifizierende, gut zu diskriminierende und wiedererkennbare taktile Kartenzeichen zur schnelleren, sichereren und fehlerfreieren Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport bei und <u>beeinflussen</u> so im Nachhinein die invarianten Kommunikationsfunktionen mit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der Darstellungscharakter einer taktilen Karte ist zum überwiegenden Teil symbolisch und indexikalisch ausgerichtet, so dass der Anwender bei den Prozessen der Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport auf die Benutzung einer Legende als Kode zum Entschlüsseln der Signaturen oder einer verbalen Erläuterung unbedingt angewiesen ist.</li> </ul>
ERKENNTNIS- FUNKTION / ORIENTIERUNGS- FUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leicht zu identifizierende, gut zu diskriminierende und wiedererkennbare taktile Kartenzeichen tragen über den Grad der jeweiligen Erfüllung oder Nichterfüllung der Kommunikationsfunktionen zur weiteren Erfüllung oder Nichterfüllung der Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen bei.</li> <li>→ Standardisierung und Bedeutungsinhalt können rückwirkend <u>keinen direkten Einfluss</u> auf die (ursprünglich) angestrebten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen nehmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Da Sehbehinderte nicht die visuelle Struktur des dargestellten Objektes kennen, können keine Assoziationen hervorgerufen werden, die eine Übereinstimmung zum abgebildeten Objekt erkennen lassen, so dass die Nutzung einer Legende zur Erfüllung der Kommunikationsfunktionen und darauf aufbauend zur Erfüllung der weiteren Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen i.d.R. erforderlich bleibt.</li> </ul>
SOZIALISA- TIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kartenzeichen mit guter Diskriminierbarkeit und hohem Wiedererkennungswert lassen sich von den Nutzern leichter und schneller identifizieren und können so zum Interesse und zur Akzeptanz des Mediums beitragen, wengleich es kein standardisiertes System von taktilen Kartenzeichen gibt.</li> <li>So werden die invarianten Sozialisationsfunktionen im Nachhinein durch die bestehende Struktur mit <u>beeinflusst</u>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Da taktile Kartenzeichen nie selbsterklärend dem sehbehinderten Kartennutzer präsentiert werden können und damit nicht annähernd den Grad der Ikonizität von visuellen Karten erreichen können, spielt die Gestaltung einer guten Legende eine wichtige Rolle, um die Nutzer zum längeren Gebrauch des Mediums zu motivieren und die subjektiven Gefühle gegenüber dem Medium zu optimieren.</li> </ul>

Tab. 6.3.2-3: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von den semantischen Elementen der graphischen Struktur

**B) Komplexität** (vgl. Kap. 5.3.2.2)

<b>KOMPLEXITÄT FUNKTIONEN</b>	<b>KARTENBELASTUNG</b> (GRAPHISCHE ZEICHENDICHTE & INFORMATIONSBELASTUNG)	<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b> (ELEMENTKARTEN & POLYELEMENTKARTEN)
<b>INFORMATIONSTRÄGER- FUNKTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartenbelastung und Komplexitätsgrad <u>beeinflussen nicht</u> im Nachhinein die invariante Informationsträgerfunktion.</li> </ul>	
<b>KOMMUNIKATIONS- FUNKTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualität und Quantität der stattfindenden Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport werden in Abhängigkeit von der kartographischen Disposition der Nutzer von der Strukturkomponente Kartenbelastung mit beeinflusst.</li> <li>• Die fertige Medienstruktur bestimmt so mit ihrer vorhandenen graphischen Zeichendichte, der Informationsbelastung und dem Komplexitätsgrad über die Erfüllung oder Nichterfüllung der Kommunikationen mit.</li> <li>• → Das Strukturelement Kartenbelastung <u>beeinflusst</u> rückwirkend die Kommunikationsfunktionen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport erfordern in Abhängigkeit von der Disposition der Nutzer einen jeweils adäquaten Komplexitätsgrad, sonst können sie nicht in der gewünschten Form bzw. im erforderlichen Umfang stattfinden.</li> <li>• Vor allem für den Prozess der Kodierung und Dekodierung (Informationsverarbeitung) spielen die Kartenbelastung und der Komplexitätsgrad eine bedeutende Rolle.</li> <li>• → Das Strukturelement Komplexitätsgrad nimmt damit einen rückwirkenden <u>Einfluss</u> auf die Kommunikationsfunktionen.</li> </ul>
<b>ERKENNTNIS- FUNKTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sowohl bei einer zu hohen graphischen Zeichendichte als auch bei einer zu starken Informationsbelastung können die Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport erheblich beeinträchtigt werden und erschweren damit die Möglichkeiten zur weiteren erfolgreichen Erfüllung der jeweils angestrebten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen.</li> <li>• Analog wirkt sich eine optimale graphische Dichte informationstragender Zeichen positiv über die Kommunikationsfunktion auf die zu erfüllenden Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen aus.</li> <li>• → Die tatsächliche Kartenbelastung kann jedoch <u>keinen direkten Einfluss</u> auf die (ursprünglich) angestrebten Erkenntnisfunktionen nehmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Abhängigkeit von der Effizienz der Erfüllung der invarianten Kommunikationsfunktionen können die angestrebten Erkenntnisfunktionen (Informationsgewinnung, Erkenntniserweiterung, Bewusstseinsbildung) erfüllt werden und die Nutzer entsprechende Ergebnisse in Form von erlangtem Wissen etc. erzielen.</li> <li>• → Die tatsächlich vorhandene Element- oder Polyelementkarte nimmt im Nachhinein <u>keinen direkten Einfluss</u> auf die (ursprünglich) angestrebten Erkenntnisfunktionen.</li> </ul>
<b>ORIENTIERUNGS- FUNKTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Grad der Erfüllung oder Nichterfüllung der Kommunikationsfunktionen wirkt sich über die Erkenntnisfunktionen weiter auf die Erfüllung oder Nichterfüllung der angestrebten Orientierungsfunktionen (Erhöhung der Mobilität, georäumliche Bewusstseinsbildung) aus.</li> <li>• → Dabei kann die tatsächliche Kartenbelastung rückwirkend <u>keinen direkten Einfluss</u> auf die varianten Orientierungsfunktionen ausüben.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Abhängigkeit vom Grad der Erfüllung oder Nichterfüllung der Kommunikations- und Erkenntnisfunktionen sowie einem geeigneten Medium können die angestrebten Orientierungsfunktionen erfüllt werden.</li> <li>• → Der tatsächliche Komplexitätsgrad nimmt jedoch rückwirkend <u>keinen direkten Einfluss</u> auf die ursprünglich angestrebten varianten Orientierungsfunktionen.</li> </ul>
<b>SOZIALISATIONS- FUNKTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine zu hohe Kartenbelastung und/oder Komplexitätsgrad kann die Motivation der Nutzer erheblich einschränken, so dass die Bereitschaft, sich mit dem Medium über einen längeren Zeitraum zu beschäftigen, sinkt.</li> <li>• Die subjektiven Gefühle in Bezug auf ein überbelastetes Medium sind negativ behaftet, das drückt sich u.a. mit Unsicherheit, Unzufriedenheit und Verzweiflung im Umgang mit dem Medium und letztendlich mit der Ablehnung der gesamten taktilen kartographischen Medienanwendung aus.</li> <li>• → Das Strukturelement Komplexität kann die Sozialisationsfunktionen <u>beeinflussen</u>.</li> </ul>	

Tab. 6.3.2-4: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von dem Strukturelement Komplexität

Die Strukturkomponente Komplexität einer Medienanwendung sollte bereits im Voraus an die (z.T. individuelle) kartographische Disposition der zukünftigen Kartennutzer angepasst und angeglichen werden, damit diese Nutzer mit Beginn der Mediennutzung alle Kommunikationsfunktionen (Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport) so erfolgreich wie möglich erfüllen können, da diese die primäre Grundlage zur zielgerechten weiteren Erfüllung der übergeordneten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen bilden.

**C) kartographische Abstraktion** (vgl. Kap. 5.3.2.3)

<u>ABSTRAKTION</u> FUNKTIONEN	GEOMETRISCHE ABSTRAKTION	BEGRIFFSGENERALISIERUNG
INFORMATIONSTRÄGERFUNKTION	• Das Strukturelement kartographische Abstraktion (geometrische Abstraktion, Begriffsgeneralisierung) <u>beeinflusst</u> rückwirkend generell <u>nicht</u> die invariante Informationsträgerfunktion.	
KOMMUNIKATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundrissbezogene Vereinfachungen, Verdrängungen, Vergrößerungen und Zusammenfassungen von Kartenzeichen, bei denen einerseits die Topologie gewahrt werden soll und die andererseits den Anforderungen an die taktile Wahrnehmung entsprechen müssen, wirken sich direkt auf die Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport aus.</li> <li>• → Die fertige Struktur <u>beeinflusst</u> im Nachhinein die Kommunikationsfunktionen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Prozesse der effizienten Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport erfordern in Abhängigkeit von der kartographischen Disposition der Nutzer eine angemessene (übersichtliche) Reduzierung der Darstellungsobjekte und/oder die Zusammenfassung von Objekten in Objektklassen.</li> <li>• → Die fertige Struktur <u>beeinflusst</u> damit im Nachhinein die invarianten Kommunikationsfunktionen mit.</li> </ul>
ERKENNTNISFUNKTION / ORIENTIERUNGSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die geometrische Abstraktion und die Begriffsgeneralisierung bestimmen im Nachhinein über Qualität und Quantität bzw. Erfolg oder Nichterfolg der Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport (Kommunikationsfunktionen) und entscheiden bereits an dieser Stelle über die Gegebenheiten zur weiteren Erfüllung oder Nichterfüllung der ursprünglich angestrebten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen.</li> <li>• → Die Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen können im Nachhinein jedoch <u>nicht</u> direkt durch das Strukturelement kartographische Abstraktion <u>beeinflusst</u> werden.</li> </ul>	
SOZIALISATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine taktile kartographische Medienanwendung mit einer viel zu geringen geometrischen Abstraktion oder einer zu geringen Begriffsgeneralisierung ist als ein Instrument zur Kommunikation, Erkenntnisgewinnung und Orientierung ungeeignet.</li> <li>• Die subjektiven Gefühle der Nutzer in Bezug auf ein (stark) überbelastetes Medium können negativ behaftet sein. Das kann die Motivation der Anwender erheblich einschränken und drückt sich am Ende mit der Ablehnung der taktilen kartographischen Medienanwendung aus.</li> <li>• → Die geometrische Abstraktion und die Begriffsgeneralisierung können im Nachhinein <u>Einfluss</u> auf die Sozialisationsfunktionen nehmen.</li> </ul>	

Tab. 6.3.2-5: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von dem Strukturelement kartographische Abstraktion

**D) Maßstab** (vgl. Kap. 5.3.2.4)

<u>MAßSTAB</u> FUNKTIONEN	VERKLEINERUNGSVERHÄLTNIS / DIMENSIONSSTUFEN
INFORMATIONSTRÄGERFUNKTION	• Der ausgewählte Maßstab <u>beeinflusst</u> rückwirkend generell <u>nicht</u> die invariante Informationsträgerfunktion.
KOMMUNIKATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein dem Zweck entsprechend ausgewählter Maßstab unterstützt die Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport.</li> <li>• → Der ausgewählte Maßstab <u>beeinflusst</u> rückwirkend die invariante Kommunikationsfunktion.</li> </ul>
ERKENNTNISFUNKTION / ORIENTIERUNGSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Einfluss des Strukturelementes Maßstab auf die Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen erfolgt über die Erfüllung oder Nichterfüllung der hierarchisch untergeordneten invarianten Kommunikationsfunktionen.</li> <li>• → Die varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen können rückwirkend <u>nicht</u> durch den im Voraus ausgewählten Maßstab (d.h. während der Phase der Konzeption bzw. der Phase der praktischen Umsetzung) <u>beeinflusst</u> werden.</li> </ul>
SOZIALISATIONSFUNKTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein nicht zweckentsprechend gewählter Maßstabsbereich (in Verbindung mit zu vielen oder zu wenigen Inhaltselementen) kann ein Medium in seiner Funktion als Mittel zur Schaffung von persönlicher Unabhängigkeit und Integration in den Alltag und der damit verbundenen Individualisierung erheblich einschränken (emanzipatorische Funktion).</li> <li>• Gleichermaßen werden Motivation und Interesse der Nutzer an dem Medium eingegrenzt.</li> <li>• → Der ausgewählte Maßstab kann die invarianten Sozialisationsfunktionen <u>beeinflussen</u>.</li> </ul>

Tab. 6.3.2-6: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von dem Strukturelement Maßstab

**E) Kartenblatt** (vgl. Kap. 5.3.2.5)

Alle **äußeren Gestaltungsmerkmale** einer traditionellen taktilen Karte beeinflussen während der Inspektion durch den Nutzer und den Prozess der Kartennutzung (im Nachhinein) die varianten Kommunikations- und Sozialisationsfunktionen. So wirkt sich das Anstreben eines beständigen Erscheinungsbildes in Form einer Standardisierung des allgemeinen Arrangements des taktilen Kartenblattes zu einem einheitlichen Layout nicht nur positiv auf die Erfüllung der Sozialisationsfunktionen aus, sondern vereinfacht und beschleunigt auch den taktilen kartographischen Wahrnehmungsprozess (Kommunikationsfunktionen).

Dabei ist die Formulierung des Kartentitels nicht unmittelbar funktionsabhängig (vgl. 6.3.1-E), dennoch wäre es für den Nutzer des Mediums von Vorteil, wenn sich der Kartentitel am Kartenzweck orientiert, da ein dem zukünftigen Verwendungszweck entsprechend ausgewählter Kartentitel dem Benutzer eine erste Hilfe bei der richtigen Ein- und Zuordnung des vorliegenden taktilen kartographischen Mediums bietet und so die bestmögliche Erfüllung der Kommunikations- und Sozialisationsfunktionen unterstützt.

Gleichermaßen unterstützt eine übersichtliche, vollständige und gut lesbare Legende sowie eine eindeutig strukturierte (wenn möglich standardisierte) Darstellung und Platzierung von Nordpfeil, Kartentitel, Maßstabsangaben, Kartenrahmen und Suchnetz innerhalb und außerhalb des Kartenblattes rückwirkend die Erfüllung der Kommunikationsfunktionen und wirkt sich darüber hinaus auch auf die Erfüllung (oder Nichterfüllung) der übergeordneten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen aus.

Ferner beeinflusst das ausgewählte Format einer bestehenden Medienanwendung rückwirkend neben den Kommunikationsfunktionen auch die Sozialisationsfunktionen entscheidend mit, da zu große taktile Darstellungen, die den natürlichen Handtastraum überschreiten, zu unanschaulich wirken und schnell zur Ermüdung und damit zur Ablehnung des Mediums durch den Nutzer führen können.

Allgemein lässt sich feststellen: Die varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen können nicht von einer vorliegenden Kartenblattgestaltung im Nachhinein, d.h. während der Phase der ersten Inspektion durch den Nutzer oder der Phase der Kartennutzung, direkt beeinflusst werden. Richtet sich aber die äußere Kartenblattgestaltung nach den von den Medien zu erfüllenden varianten Funktionen und kommt das Medium gleichzeitig der Disposition der zukünftigen Nutzer entgegen, kann dies während des Prozesses der ersten Inspektion durch den Nutzer und den sich anschließenden Prozessen der Kartennutzung im Nachhinein zur bestmöglichen Erfüllung der invarianten Kommunikations- und Sozialisationsfunktionen führen und darauf aufbauend zur weiteren Erfüllung der hierarchisch übergeordneten vorbestimmten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen beitragen.

**F) Auditive Variablen und Vibrationen** (vgl. Kap. 5.3.2.6)

<b>ELEMENT FUNKTIONEN</b>	<b>AKUSTISCHE VARIABLEN (TEXTLICHE UND NICHT TEXTLICHE TONAUSGABE)</b>	<b>VIBRATIONEN</b>
<b>INFORMATI- ONSTRÄGER- FUNKTION</b>	• Auditive Variablen und Vibrationen werden rückwirkend generell <u>nicht</u> durch die invariante Informationsträgerfunktion <u>beeinflusst</u> .	
<b>KOMMUNI- KATIONS- FUNKTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auditive Variablen können in Form von einer textlichen und/oder nicht textlichen Tonausgabe zur Erfüllung der Kommunikationsfunktionen beitragen.</li> <li>• Bei der <u>textlichen Tonausgabe</u> bestimmen neben Inhalt und Umfang der zu übermittelnden Informationen auch die Sprachvariablen, wie z.B. Sprechgeschwindigkeit, Stimmempfindung, Aussprache oder Lautstärke (vgl. Abb. 5.3.2.7-2), über die Erfüllung oder Nichterfüllung der Kommunikationsfunktionen mit. Vor allem der Einsatz auditiver Variablen als eigenständige Komponente bei GPS-gestützten Navigationssystemen unterstützt die Erfüllung der Kommunikationsfunktionen (und darüber hinaus der Orientierungsfunktionen).</li> <li>• Bei einer <u>nicht textlichen Tonausgabe</u> muss der Nutzer in der Lage sein, die eingesetzten Klangvariablen richtig aufzunehmen, genau zu verstehen und sich fehlerfrei einprägen zu können.</li> <li>• → Qualität und Quantität der eingesetzten auditiven Variablen können rückwirkend die Kommunikationsfunktionen <u>beeinflussen</u>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit Hilfe der eingesetzten Vibrationsvariablen (Vibrationsdauer, Intensität der Vibration, Anschwellen und Abschwollen der Intensität, Vibrations-Rhythmus) können die Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport unterstützt werden.</li> <li>• Besonders die gegenständliche Kennzeichnung eines Überganges von einem Objekt zum anderen oder die konkrete Benennung von Grenzen mit Hilfe unterschiedlicher Vibrationen kann im Nachhinein zur Erfüllung der Kommunikationsfunktionen beitragen.</li> <li>• → Vibrationen können rückwirkend <u>Einfluss</u> auf die Kommunikationsfunktionen nehmen.</li> </ul>
<b>ERKENNTNIS- FUNKTION / ORIENTIERUNGS- FUNKTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• → Auditive Variablen und Vibrationen können rückwirkend <u>nicht</u> direkt über die invarianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen <u>beeinflusst</u> werden.</li> <li>• Der Grad der Erfüllung oder Nichterfüllung der varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen erfolgt über die Erfüllung oder Nichterfüllung der hierarchisch untergeordneten invarianten Kommunikationsfunktionen.</li> </ul>	
<b>SOZIALISA- TIONS- FUNKTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine unverständliche, zu schnelle, zu laute oder zu leise textliche Tonausgabe kann die Bereitschaft der Nutzer, sich mit der Medienanwendung und den zu vermittelnden Inhalten auseinander zu setzen, sehr einschränken, was zu einer endgültigen Ablehnung des gesamten Mediums beiträgt.</li> <li>• Dagegen tragen eine angenehme Stimmenempfindung und eine deutliche Aussprache zur Akzeptanz und Annahme der Medienanwendung bei.</li> <li>• → Besonders die auditiven Variablen können bei ihrem bestmöglichen Einsatz rückwirkend die Sozialisationsfunktionen <u>beeinflussen</u> und zur Unabhängigkeit und zur sozialen Integration der Mediennutzer beitragen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inwiefern der (didaktische) Einsatz von Vibrationen die Mediennutzer motiviert oder ihr Interesse an der Anwendung weckt, ist derzeit nicht bekannt. Diesbezüglich liegen noch keine empirischen Untersuchungsergebnisse vor.</li> <li>• → Theoretisch können Vibrationen rückwirkend die Sozialisationsfunktionen beeinflussen, sowohl positiv als auch negativ.</li> </ul>

Tab. 6.3.2-7: Abhängigkeit der varianten und invarianten Funktionen von den auditiven Variablen und Vibrationen

## 6.4 Versuchsdurchführungen und Versuchsauswertungen

### 6.4.1 Ziel der Befragung

Da sich die Rezipienten taktiler kartographischer Medien stark hinsichtlich ihrer Vorbildung und ihrem Grad der Sehbehinderung (vgl. Abs. Disposition) voneinander unterscheiden, sollten sie von vornherein unbedingt in die Entwurfsphase solcher Medien mit einbezogen werden.

Das Ziel der empirischen Untersuchung in dieser Arbeit besteht darin, das individuelle kartographische Umsetzungsvermögen ausgewählter Nutzergruppen zu bestimmen. Dies kann in Form von einer individuellen Beurteilung aller zur Nutzergruppe gehörenden Personen anhand der Kriterien, welche die kartographische Disposition der Nutzer festlegen, erfolgen (vgl. Kap. 6.1.1 Abschnitt A).

Die folgende empirische Untersuchung soll so eine erste Möglichkeit offerieren, wie die Einbindung der zukünftigen Nutzer in die Entwicklungs- bzw. Konzeptionsphase einer Medienanwendung effektiv erfolgen kann.

### 6.4.2 Aufbau des Fragebogens

Der Schwerpunkt für die Beurteilung von blinden und sehbehinderten Kindern, die auf die Nutzung von Punktschrift und taktilen Karten angewiesen sind, soll im Rahmen dieser Arbeit auf der Diagnostik des individuellen kartographischen Umsetzungsvermögen beruhen, das in Verbindung mit den sowohl unveränderbaren als auch veränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition (vgl. Abb. 6.1.2-2) eingeschätzt werden kann.

Es wurde ein entsprechender Fragenbogen konzipiert (vgl. S. 161-163), mit dessen Hilfe das kartographische Umsetzungsvermögen von zukünftigen Benutzern taktiler kartographischer Medien anhand der verschiedenen Kriterien, welche die kartographische Disposition von Nutzern genau charakterisieren, bestmöglich diagnostiziert werden kann.

Der entwickelte dreiseitige Fragebogen untergliedert sich in zwei wesentliche Abschnitte, in denen die sowohl veränderbaren als auch unveränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition der Nutzer abgefragt werden.

Der **erste Abschnitt** des Fragebogens dient der allgemeinen Aufnahme der anonymen Angaben zur Person, welche die unveränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition der Nutzer darstellen. Es werden grundlegende Informationen, wie das derzeitige Alter, die Klassenstufe und die Schulform (z.B. Hauptschule, Realschule) der zu beurteilenden Schüler, Informationen über den Zeitpunkt des Eintrittes der Sehbehinderung (z.B. geburtsblind, früherblindet), den Grad der Sehbehinderung (hochgradig sehbehindert, Amaurose) und Angaben über eventuell vorliegende Mehrfachbehinderungen der teilnehmenden Probanden erfasst.

Im **zweiten Abschnitt** werden die veränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition der Nutzer abgefragt. Die Schwerpunkte der sechs übergeordneten Beurteilungskriterien liegen dabei in der Beurteilung der Leistungen der Schüler, ihrer Beherrschung von Punktschrift und ihrem Nutzungsvermögen von Schreibtechnik (z.B. Computertastatur mit Braille-Zeile), ihren Erfahrungen im Umgang mit taktilen kartographischen Medien, ihren Kenntnissen über die dargestellte Wirklichkeit, dem persönlichen Interesse an taktilen Karten und nicht zu letzt ihren Emotionen gegenüber den taktilen kartographischen Medien.

Die Beurteilung der verschiedenen Merkmalsausprägungen in Abschnitt zwei erfolgt mit Hilfe einer fünfstufigen polarisierenden Skala (vgl. Fragebogen, S. 161-163), auf der immer die jeweils zutreffende Merkmalsausprägung angekreuzt werden soll.

Bei der Erstellung des Fragebogens musste insbesondere darauf geachtet werden, dass ein Bogen entwickelt wird, der einerseits nicht zu lang und zu umfangreich ausfällt aber dennoch alle wesentlichen Aspekte der kartographischen Disposition der Nutzer abfragt, die notwendig sind, um ein klares Nutzerprofil zu erhalten.

Da der Fragebogen gut und einfach zu handhaben sein muss, wurde zum Schluss ein Förderschulpädagoge als Experte in die endgültige Gestaltung des Fragebogens mit einbezogen, um Missverständnisse und Unklarheiten in der Fragestellung bzw. im Ausdruck der Fragestellung bestmöglich zu vermeiden und um sicher zu gehen, dass das Anliegen aus Sicht eines Lehrers, der mit diesem Bogen seine Schüler in Bezug auf deren kartographisches Umsetzungsvermögen beurteilen soll, konkret, plausibel und einfach erklärt wird. Hier konnten noch einmal wichtige Anhaltspunkte zur endgültigen Version des Bogens gewonnen werden.

**Fragebogen zur kartographischen Disposition der Benutzer**

Einschätzung ausgewählter Eigenschaften, die für das individuelle kartographische Umsetzungsvermögen sowie das allgemeine Leistungs- und Lernverhalten der zu beurteilenden Schüler bedeutsam sind.

Sehr geehrte Pädagoginnen,  
Sehr geehrte Pädagogen,

bitte versuchen Sie, die jeweils angegebenen Merkmale unter Bezugnahme auf das von Ihnen zu beurteilende Kind auf der nachstehenden polarisierenden Skala bestmöglich einzuschätzen.

Kreuzen Sie bitte die Ihrer Meinung nach zutreffende Merkmalsausprägung an.  
Die Beurteilung der Schüler erfolgt anonym.

Vielen Dank für Ihre Bemühungen!

**Die Stufen der Skala haben folgende Bedeutung:**

Die links beschriebene Merkmalsausprägung:

(++)	trifft auf das Kind vollständig zu
(+)	trifft auf das Kind überwiegend zu

Mitte:

(0)	zu diesem Merkmal kann ich keine Aussage machen
-----	---

Die rechts beschriebene Merkmalsausprägung:

(-)	trifft auf das Kind überwiegend zu
(--)	trifft auf das Kind vollständig zu

ANGABEN ZUR PERSON	
1.	Alter
2.	Klassenstufe
3.	Schulform (Hauptschule, Realschule, Gymnasium)
4.	Alter beim Eintritt der Sehbehinderung
5.	Grad der Sehbehinderung (leicht sehbehindert, hochgradig sehbehindert, Amaurose)
6.	Umfang des Restsehvermögens (z.B. Kontraste; Hell-Dunkel-Unterscheidung etc.)
7.	Mehrfachbehinderungen

<b>BEURTEILUNGSKRITERIEN</b>							
<b>1. LEISTUNGEN</b>		Merkmalsausprägung					
		++	+	0	-	--	
schulische Leistungen (ohne Sport und Musik)		sehr gut					schlecht
allgemeines Arbeitsverhalten		arbeitet selbständig					arbeitet unselbständig
		arbeitet planvoll					arbeitet planlos
		arbeitet gewissenhaft					arbeitet oberflächlich
		arbeitet fleißig					arbeitet nicht fleißig
Konzentration / Aufmerksamkeit		konzentriert					unkonzentriert
Belastbarkeit		belastbar					unbelastbar
Auffassungsgabe		schnell					langsam
Gedächtnisleistung / Merkfähigkeit		gut					schlecht
Vorstellungsvermögen		gut					schlecht
Gedankenaufbau		logisch					unlogisch
		schnell					langsam
Arbeitstempo im Umgang mit taktilem Karten		schnell					langsam
Fähigkeit des Erkennens u. Zuord- nens taktiler Kartenzeichen		gut					schlecht
Dekodierungsgeschwindigkeit		schnell					langsam

<b>2. NUTZUNG VON SCHREIBTECHNIKEN</b>		Merkmalsausprägung					
		++	+	0	-	--	
Beherrschung von:	Punktschrift	sicher					unsicher
	Schreibmaschine	sicher					unsicher
	Computertastatur mit Braille-Zeile	sicher					unsicher

<b>3. ERFAHRUNGEN MIT TAKTILEN KARTOGRAPHISCHEN MEDIEN</b>		Merkmalsausprägung					
		++	+	0	-	--	
allgemeine (Vor) -Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung		sind vorhanden					nicht vorhanden
<b>A) Mobilitäts- u. Orientierungspläne</b>		sind bekannt					unbekannt
praktische Erfahrungen im Umgang		sind vorhanden					nicht vorhanden
Umfang der praktischen Erfahrungen		sind groß					gering
<b>B) topographische Karten</b>		sind bekannt					unbekannt
praktische Erfahrungen im Umgang		sind vorhanden					nicht vorhanden
Umfang der praktischen Erfahrungen		sind groß					gering
<b>C) thematische Karten</b>		sind bekannt					unbekannt
praktische Erfahrungen im Umgang		sind vorhanden					nicht vorhanden
Umfang der praktischen Erfahrungen		sind groß					gering
<b>D) audio-taktile Dialogsysteme</b>		sind bekannt					unbekannt
praktische Erfahrungen im Umgang		sind vorhanden					nicht vorhanden
Umfang der praktischen Erfahrungen		sind groß					gering

<b>BEURTEILUNGSKRITERIEN</b>							
<b>4. KENNTNISSE ÜBER DIE DARGESTELLTE WIRKLICHKEIT</b>	Merkmalsausprägung						
		++	+	0	-	--	
Orientierung und Mobilität	ist sicher	■	■	■	■	■	ist unsicher
	selbständig	■	■	■	■	■	unselbständig
Umweltwahrnehmung	gut	■	■	■	■	■	schlecht
internes Abbild der dargestellten Wirklichkeit (kognitive Karte)	ist vorhanden	■	■	■	■	■	ist nicht vorhanden
Kenntnisse über den geographischen Raum (gemäß Lehrplan)	sind vorhanden	■	■	■	■	■	sind nicht vorhanden
gedankliche Einordnungen einer Karte in den geographischen Raum	ist möglich	■	■	■	■	■	ist nicht möglich

<b>5. INTERESSEN</b>	Merkmalsausprägung						
		++	+	0	-	--	
generelles Interesse an taktilen Karten	vorhanden	■	■	■	■	■	nicht vorhanden
Interesse an Mobilitäts- und Orientierungsplänen	vorhanden	■	■	■	■	■	nicht vorhanden
Interesse an topographischen Karten	vorhanden	■	■	■	■	■	nicht vorhanden
Interesse an thematischen Karten	vorhanden	■	■	■	■	■	nicht vorhanden
Arbeit mit taktilen Karten (allgemein)	gern	■	■	■	■	■	ungern
Bereitschaft zur Nutzung taktiler Karten	vorhanden	■	■	■	■	■	nicht vorhanden
bevorzugtes Ausgabematerial	Schwellpapier	bevorzugt	■	■	■	■	abgelehnt
	PVC-Folie	bevorzugt	■	■	■	■	abgelehnt

<b>6. EMOTIONEN</b>	Merkmalsausprägung						
		++	+	0	-	--	
Ehrgeiz / Leistungswille	stark	■	■	■	■	■	gering
Motivation	stark	■	■	■	■	■	gering
Emotionen gegenüber taktilen Karten	positiv	■	■	■	■	■	negativ
Akzeptanz taktiler Karten (allgemein)	vorhanden	■	■	■	■	■	nicht vorhanden

### 6.4.3 Vorbereitung der Umfrage - Kontaktaufnahme

Der erste Schritt der Versuchsdurchführung bestand in der telefonischen Kontaktaufnahme mit allen Schulen für Blinde und Sehbehinderte in Deutschland. In einem Telefonat wurde der jeweilige Schulleiter über das Vorhaben der Untersuchung ausführlich informiert und gebeten, sich mit seiner Einrichtung an den bevorstehenden Untersuchungen zu beteiligen. Die meisten Einrichtungen bekundeten ihr Interesse und willigten mit großer Hilfsbereitschaft sofort ein, dieses Projekt an ihrer Institution mit zu unterstützen und die Beurteilung der für die Untersuchung in Frage kommenden Schüler in den entsprechenden Altersgruppen durch die jeweiligen Klassenlehrer umgehend zu veranlassen. Der Fragebogen wurde insgesamt an 32 Schulen für Blinde und Sehbehinderte in Deutschland geschickt, die sich bereit erklärt hatten, diese empirische Untersuchung zu unterstützen.

### 6.4.4 Versuchspersonen

Für die Beurteilung der blinden und sehbehinderten Kinder wurden zwei verschiedene Klassenstufen ausgewählt. Zum Einen sollte das kartographische Umsetzungsvermögen von jüngeren Schülern, die gerade anfangen, sich im Geographieunterricht mit taktilen Karten zu beschäftigen, erfasst werden und im Vergleich dazu mit älteren Schülern, die lehrplangemäß bereits Erfahrungen im Umgang mit diesen Medien sammeln konnten und über Kenntnisse bezüglich der Methoden der Kartennutzung verfügen sollten. Der für diese Untersuchung konzipierte Fragebogen richtete sich somit an blinde und hochgradig sehbehinderte Kinder der Klassenstufen 6/7 und 9/10, die auf die Nutzung von Punktschrift und taktilen Karten angewiesen sind.

Das gewünschte Untersuchungsprofil traf an den meisten Schulen für Blinde und Sehbehinderte immer nur für wenige Kinder einer Klassenstufe zu, da ein Großteil der Schüler einer Klassenstufe noch in der Lage ist, Großschrift zu erkennen und somit nicht auf die Nutzung von Punktschrift und taktilen Karten angewiesen ist. Zahlreiche Schulen für Sehbehinderte hatten trotz hohem Interesse an diesem Projekt entweder keine Kinder in der für die Untersuchung relevanten Alters- bzw. Klassenstufe oder gar keine blinden oder hochgradig sehbehinderten Kinder an der gesamten Schule, die auf die Nutzung von Punktschrift und taktilen Karten angewiesen sind.

Ausgeschlossen von den Untersuchungen wurden blinde und sehbehinderte Probanden aus Sonderschulen für geistig Behinderte und Förderschulen mit dem Förderschwerpunkt Lernen, da diese Kinder laut Aussage der zuständigen Pädagogen nicht in der Lage sind, taktile kartographische Medien im Mobilitäts- und Geographieunterricht zu nutzen und diese Hilfsmittel daher im Unterricht nicht eingesetzt werden.

Insgesamt wurden 96 blinde und hochgradig sehbehinderte Kinder mit Hilfe dieses Fragebogens beurteilt.

### 6.4.5 Durchführung der empirischen Untersuchung

Bei der Beurteilung von blinden und hochgradig sehbehinderten Schülern der Klassenstufen 6/7 und 9/10, die an Schulen für Blinde und Sehbehinderte in Deutschland durchgeführt wurde, geht es um die primäre Einschätzung ausgewählter Eigenschaften, die für das individuelle kartographische Umsetzungsvermögen sowie das allgemeine Leistungs- und Lernverhalten der zu beurteilenden Schüler bedeutsam sind.

Die Beurteilung der Schüler musste deshalb von Pädagogen durchgeführt werden, die ihre Probanden kennen und somit deren kartographisches Umsetzungsvermögen gut einschätzen können. Im bestmöglichen Fall sollte der Fragebogen daher immer von dem jeweiligen Klassenlehrer in Kooperation mit dem zuständigen Geographielehrer ausgefüllt werden.

Es sollten die auf dem Bogen jeweils angegebenen Merkmale unter Bezugnahme auf das von den Pädagogen zu beurteilende Kind auf der auf dem Fragebogen abgebildeten polarisierenden Skala bestmöglich eingeschätzt werden. Dazu musste die jeweils zutreffende Merkmalsausprägung angekreuzt werden. Die Beurteilung der Schüler erfolgte dabei stets anonym.

#### 6.4.6 Auswertung der Fragebögen

Bei der Auswertung der Fragebögen können jeweils unterschiedliche Nutzergruppen zusammengestellt und betrachtet werden. So ist eine konkrete Differenzierung der Nutzergruppen nach den unveränderbaren Kriterien der kartographischen Disposition wie dem Grad der Sehbehinderung, dem Alter beim Eintritt der Sehbehinderung, der Schulform, dem Alter der Probanden oder der Klassenstufe der zu beurteilenden Schüler möglich.

In dieser Untersuchung wurden insgesamt acht verschiedene Nutzergruppen aufgestellt und betrachtet. Dabei wurden jeweils zwei (oder mehrere) zusammengehörende Nutzergruppen gegenüber gestellt und miteinander verglichen. Nachfolgende acht Nutzergruppen werden betrachtet:

- Hauptschule Klasse 6-7
- Hauptschule Klasse 9-10
- Blinde (Amaurose)
- hochgradig Sehbehinderte
- Realschule Klasse 6-7
- Realschule Klasse 9-10
- Geburtsblinde
- Erblindete im Kleinkindalter

##### 6.4.6.1 Leistungen

#### **Hauptschule Klassen 6-7 / 9-10 vs. Realschule Klassen 6-7 / 9-10**

##### **Schulische Leistungen**

Das Ergebnis für das allgemeine Beurteilungskriterium schulische Leistungen fällt für die Schüler der Realschulen im Durchschnitt besser aus als für die Schüler der Hauptschulen.

Realschüler der Klassenstufen 6-7 verfügen prozentual über einen schnelleren und logischeren Gedankenaufbau, ein besseres Vorstellungsvermögen, höhere Belastbarkeit, ein höheres Konzentrationsvermögen und weisen ein besseres Arbeitsverhalten in Hinsicht auf selbständiges, planvolles, gewissenhaftes und fleißiges Arbeiten auf, als die beurteilten Hauptschüler.

Auch in den Klassenstufen 9-10 verfügen Realschüler prozentual über einen schnelleren und logischeren Gedankenaufbau, ein besseres Vorstellungsvermögen, höhere Belastbarkeit, ein höheres Konzentrationsvermögen und arbeiten selbständiger, planvoller, gewissenhafter und fleißiger als die Hauptschüler der gleichen Klassenstufen. Dennoch haben sich die Leistungen der Hauptschüler hinsichtlich dieser Beurteilungskriterien im Vergleich zu denen der Klassenstufen 6-7 deutlich verbessert.

**Arbeitstempo**

In Bezug auf das Arbeiten (Arbeitsverhalten) mit taktilen Karten ist aus den Ergebnissen dieser Beurteilung von blinden und sehbehinderten Haupt- und Realschülern der Klassenstufen 6-7 festzustellen, dass das Arbeitstempo mit taktilen Karten bei beiden Gruppen in etwa gleich ausfällt.

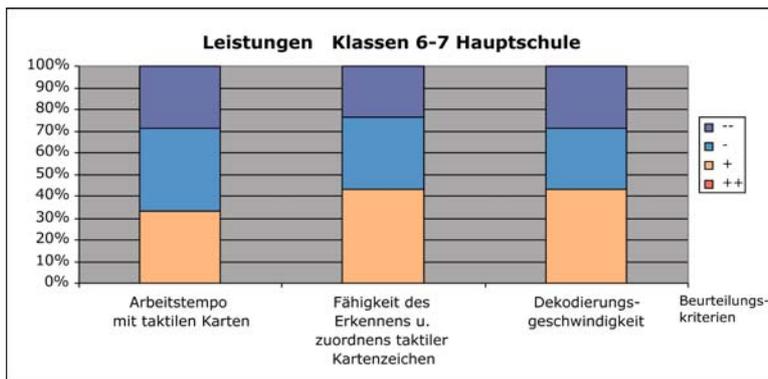


Abb. 6.4.6.1-1: Leistungen Klassen 6-7 Hauptschule

Das Arbeitstempo mit taktilen Karten hat sich bei beiden Nutzergruppen der Klassenstufen 9-10 gesteigert. So weisen über 40% der Hauptschüler ein schnelles und fast 70% der Realschüler über ein schnelles bis sehr schnelles Arbeitstempo mit diesen Medien auf.

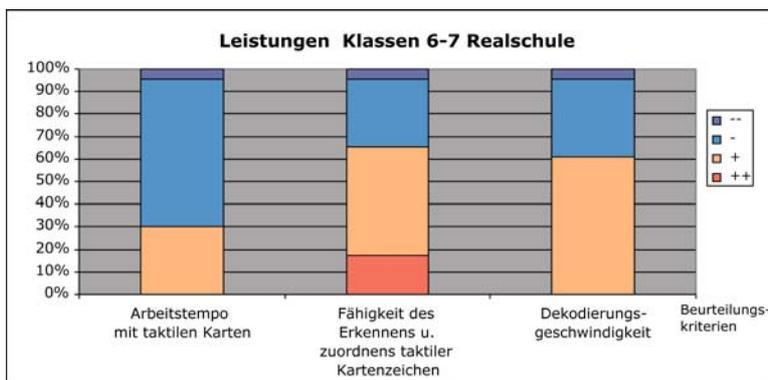


Abb. 6.4.6.1-2: Leistungen Klassen 6-7 Realschule

**Erkennen und Zuordnen**

Über 40% der Hauptschüler in den Klassenstufen 6-7 verfügen über gute Fähigkeiten des Erkennens und Zuordnens von taktilen Kartenzeichen, während bei den beurteilten Realschülern der Klassenstufen 6-7 über 60% gute bis sehr gute Fähigkeiten im Erkennen und Zuordnen von taktilen Kartenzeichen aufweisen. Im Vergleich dazu sind in etwa 65% der Hauptschüler und knapp über 70% der Realschüler der Klassenstufen 9-10 in der Lage, taktile Kartenzeichen richtig zu erkennen und zuzuordnen.

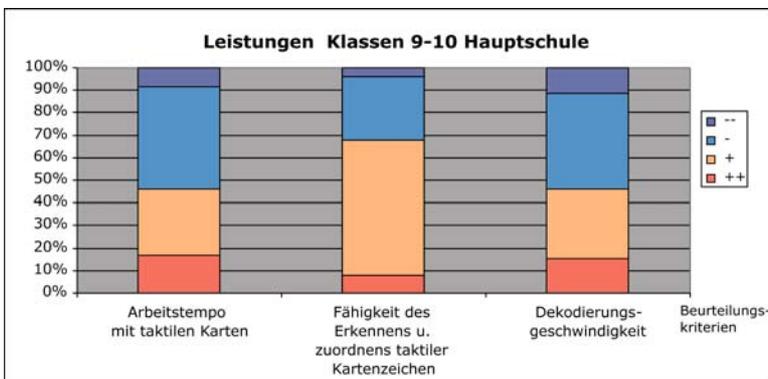


Abb. 6.4.6.1-3: Leistungen Klassen 9-10 Hauptschule

**Dekodierungsgeschwindigkeit**

Eine schnelle Dekodierungsgeschwindigkeit von taktilen Kartenzeichen haben in etwa 40% der Hauptschüler und 60% der Realschüler. Die Dekodierungsgeschwindigkeit steigerte sich sowohl bei den Haupt- als auch bei den Realschülern der Klassenstufen 9-10 nur wenig.

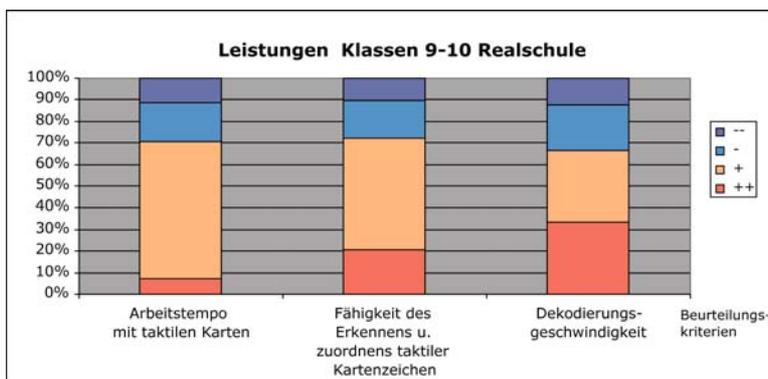


Abb. 6.4.6.1-4: Leistungen Klassen 9-10 Realschule

**Geburtsblinde vs. Erblindete im Kleinkindalter**

Im Kleinkindalter Erblindete haben ein nur geringfügig schnelleres **Arbeitstempo** mit taktilen Karten und verfügen über eine nur sehr geringfügig bessere Fähigkeit im **Erkennen und Zuordnen** von taktilen Kartenzeichen als Geburtsblinde. Die **Dekodierungsgeschwindigkeit** ist bei Geburtsblinden viel schneller als bei Erblindeten im Kleinkindalter.

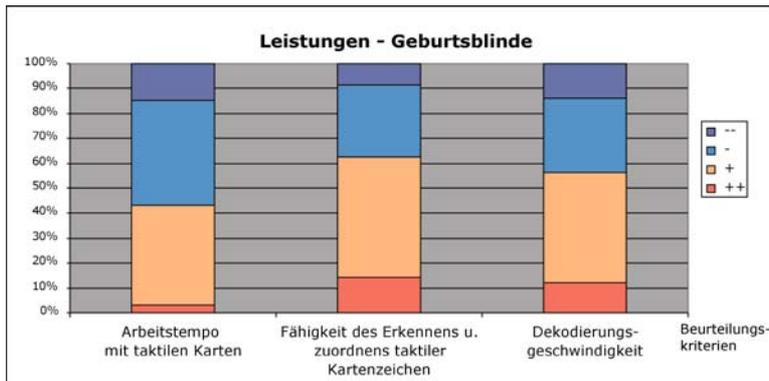


Abb. 6.4.6.1-5: Leistungen Geburtsblinde

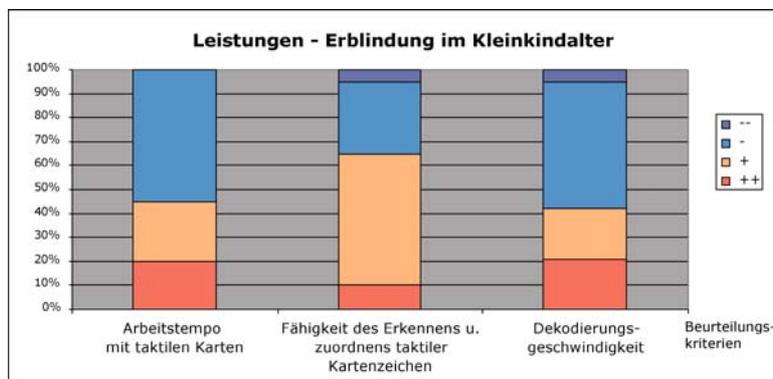


Abb. 6.4.6.1-6: Leistungen Erblindete im Kleinkindalter

**Amaurose vs. hochgradig Sehbehinderte**

Die Ergebnisse dieser Untersuchung haben ergeben, dass hochgradig sehbehinderte Schüler im Durchschnitt ein höheres Arbeitstempo mit taktilen Karten aufweisen, über bessere Fähigkeiten im Erkennen und Zuordnen von taktilen Kartenzeichen verfügen und die Dekodierungsgeschwindigkeit wesentlich schneller ist, als bei Schülern mit völliger Blindheit (Amaurose). Dabei ist zu vermerken, dass der Anteil an Haupt- und Realschülern sowohl bei den beurteilten hochgradig Sehbehinderten als auch bei den beurteilten Blinden in etwa immer gleich hoch ist.

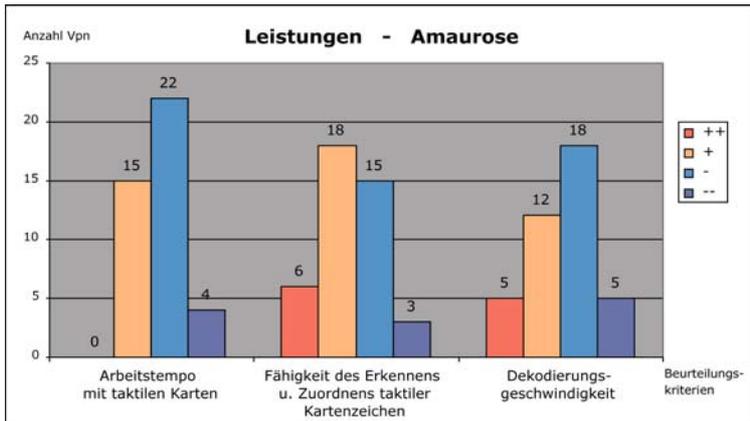


Abb. 6.4.6.1-7: Leistungen - Blinde

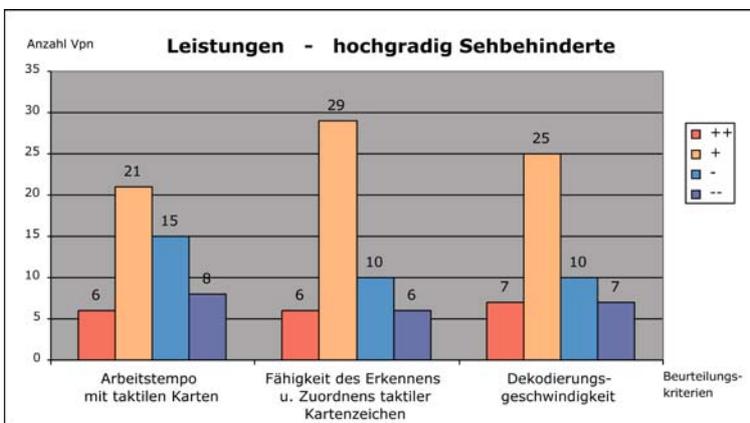


Abb. 6.4.6.1-8: Leistungen - hochgradig Sehbehinderte

Die Abbildungen 6.4.6.1-9 und 6.4.6.1-10 zeigen diese Ergebnisse zum Vergleich noch einmal in einer prozentualen Darstellung.

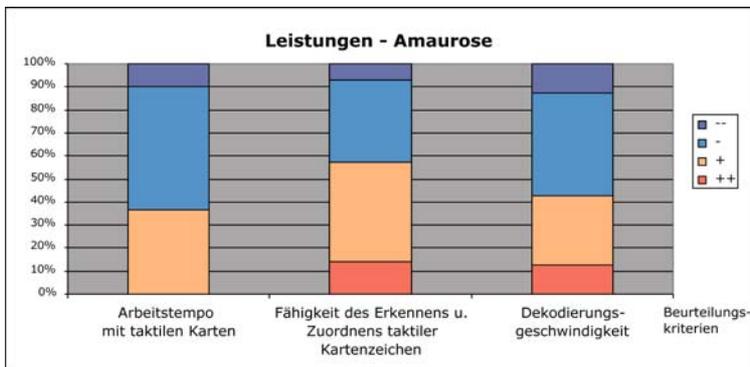


Abb. 6.4.6.1-9: Leistungen - Blinde

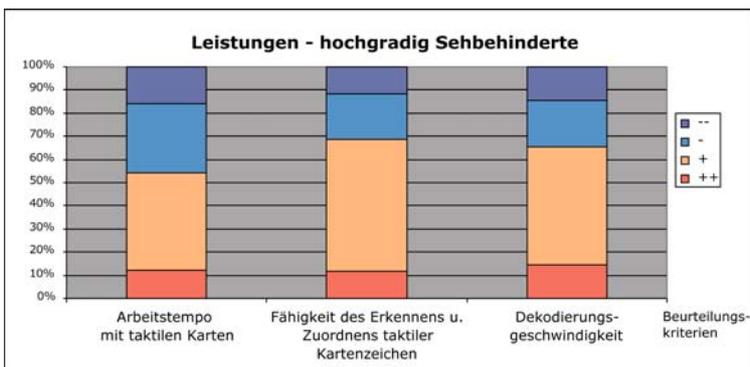


Abb. 6.4.6.1-10: Leistungen - hochgradig Sehbehinderte

6.4.6.2 Nutzung von Schreibtechniken

Der Großteil aller beurteilten Schüler beherrscht die Punkt-schrift gut bis sehr gut und ist in der Lage, mit einer Schreibmaschine bzw. einer Computertastatur mit Braille-Zeile sicher und gut umzugehen.

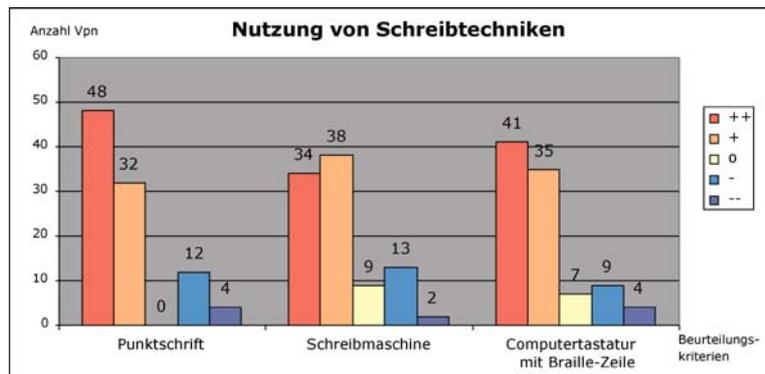


Abb. 6.4.6.2-1: Nutzung von Schreibtechnik

6.4.6.3 Erfahrungen mit taktilen kartographischen Medien

An den Schulen für Blinde und Sehbehinderte, die sich an dieser Untersuchung beteiligt haben, wiesen die Schüler unabhängig von Alter (Klassenstufe), Schulform und ihrer Sehbehinderung unterschiedliche Erfahrungen im Umgang mit taktilen kartographischen Medien auf. Daraus lässt sich schließen, dass taktile Karten (und audio-taktile Dialogsysteme) im (Geographie-) Unterricht nicht überall im gleichen Umfang eingesetzt werden. Trotzdem lassen sich in der Auswertung Tendenzen bzw. Ergebnisse (Aussagen) bezüglich der allgemeinen Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung in den einzelnen Nutzergruppen erkennen.

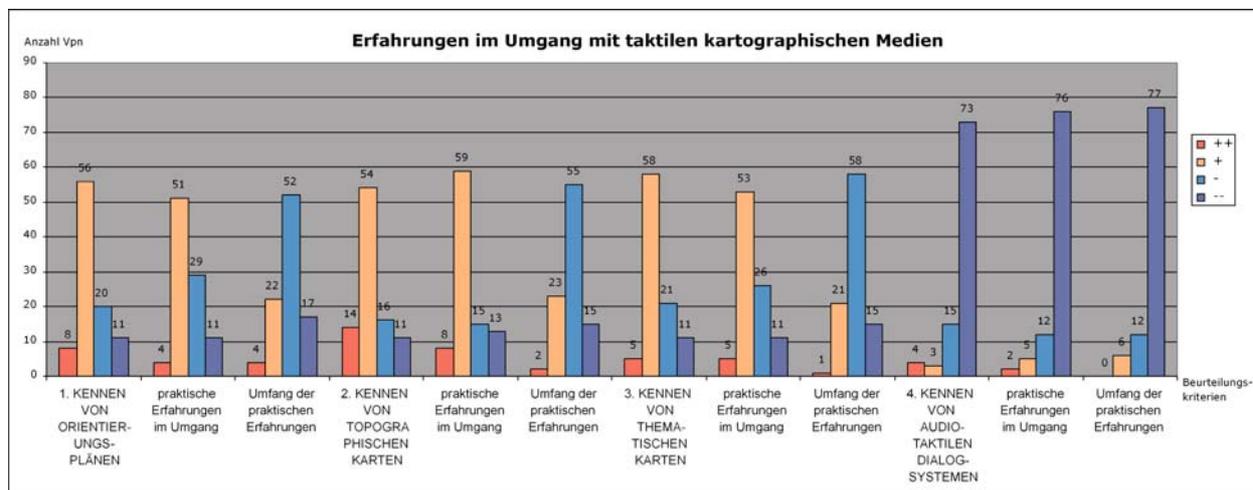


Abb. 6.4.6.3-1: Erfahrungen im Umgang mit taktilen kartographischen Medien

Abbildung 6.4.6.3-2 gibt einen Gesamtüberblick über die allgemeinen Kenntnisse der Methoden der Kartennutzung sowie dem Arbeitstempo, den Fähigkeiten des Erkennens und Zuordnens taktiler Kartenzeichen und der Dekodierungsgeschwindigkeit aller beurteilten Schüler. Es ist zu erkennen, dass die Schüler, die gute allgemeine Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung haben, auch über

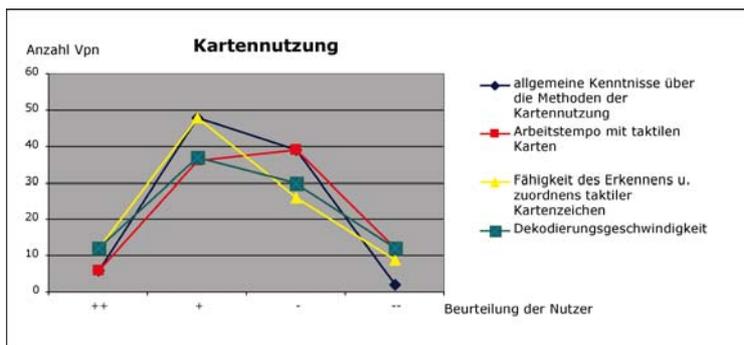


Abb. 6.4.6.3-2: Kartennutzung

die entsprechenden Fähigkeiten des richtigen Erkennens und Zuordnens taktiler Kartenzeichen verfügen. Dekodierungsgeschwindigkeit und Arbeitstempo der beurteilten Schüler fallen dagegen verhältnismäßig gering aus.

### Hauptschule Klassen 6-7 / 9-10 vs. Realschule Klassen 6-7 / 9-10

Realschüler der Klassenstufen 6-7 und 9-10 verfügen über mehr allgemeine Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung und weisen wesentlich höhere Erfahrungen im Umgang mit taktilen kartographischen Medien auf als Hauptschüler der jeweils gleichen Klassenstufen.

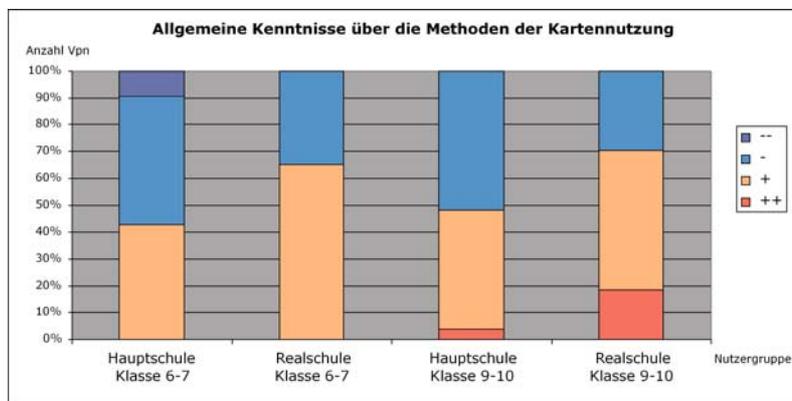


Abb. 6.4.6.3-3: Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung

### Geburtsblinde vs. Erblindete im Kleinkindalter

Geburtsblinde und Schüler, die im Kleinkindalter erblindet sind, verfügen annäherungsweise über die selben allgemeinen Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung und weisen ähnliche praktische Erfahrungen im Umgang mit Mobilitäts- und Orientierungsplänen, topographischen Karten und thematischen Karten auf.

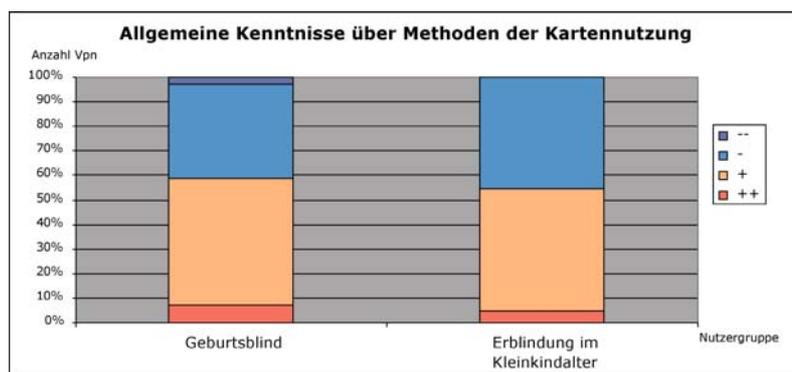


Abb. 6.4.6.3-4: Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung

## Amaurose vs. hochgradig Sehbehinderte

Etwa 55% der Schüler mit Amaurose verfügen über gute und z.T. sehr gute allgemeine Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung, während bei den hochgradig sehbehinderten Schülern ca. 60% über gute und z.T. sehr gute Kenntnisse verfügen. Auch hier weisen beide Gruppen ähnliche praktische Erfahrungen im Umgang mit Mobilitäts- und Orientierungsplänen sowie topographischen und thematischen Karten auf.

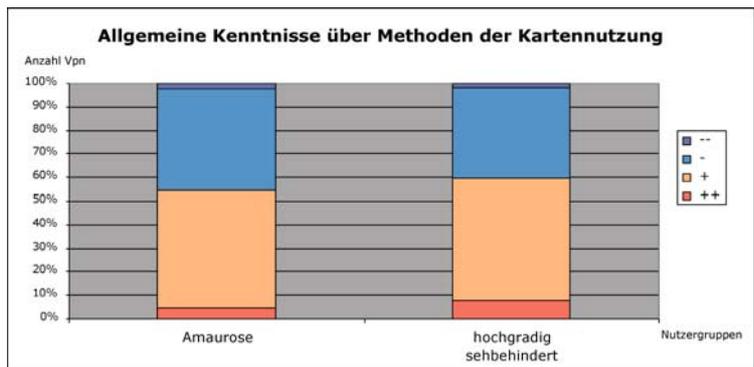


Abb. 6.4.6.3-5: Kenntnisse über die Methoden der Kartennutzung

6.4.6.4 Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit

Hauptschule Klassen 6-7 / 9-10 vs. Realschule Klassen 6-7 / 9-10

**Kenntnisse dargestellte Wirklichkeit**

Realschüler verfügen im Allgemeinen über eine gute Umweltwahrnehmung, ein besseres internes Abbild der dargestellten Wirklichkeit (kognitive Karte), haben mehr Kenntnisse über den geographischen Raum (gemäß des Lehrplanes) und sind viel besser in der Lage, eine Karte gedanklich richtig in den geographischen Raum einordnen zu können, als Hauptschüler.

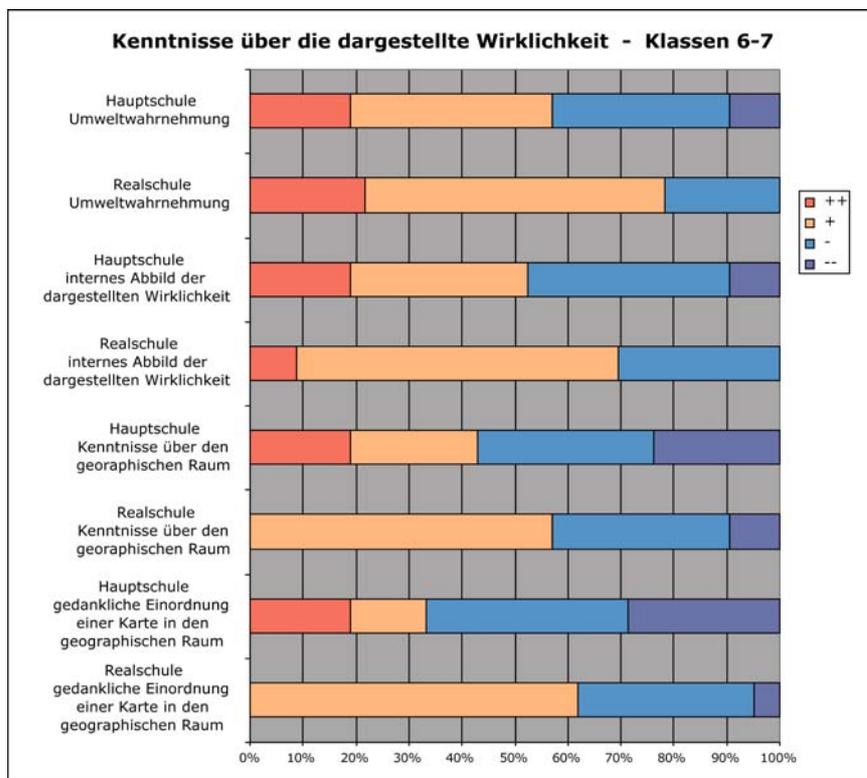


Abb. 6.4.6.4-1: Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit – Klassen 6-7

Es ist jedoch festzustellen, dass die Beurteilung der Fähigkeiten hinsichtlich der Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit bei den Hauptschülern der Klassenstufen 9-10 wesentlich besser ausfällt, als in den Klassenstufen 6-7 und ein enormer Leistungszuwachs im Vergleich zur Beurteilung der Schüler der niedrigeren Klassenstufen zu vermerken ist.

Dagegen fällt die Verbesserung des Leistungszuwachses über die Kenntnisse der dargestellten Wirklichkeit bei den Realschülern in den Klassenstufen 9-10 verhältnismäßig klein aus.



Abb. 6.4.6.4-2: Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit – Klassen 9-10

### Orientierung

Die Summe der Realschüler orientiert sich im Allgemeinen sicherer und selbständiger als Hauptschüler der gleichen Klassenstufe.

So können sich ca. 57% der Hauptschüler der Klassenstufen 6-7 und 64% der Hauptschüler der Klassenstufen 9-10 **sicher** und 52% der Hauptschüler in den Klassen 6-7 und in etwa 62% der Hauptschüler in den Klassen 9-10 **selbständig** orientieren.

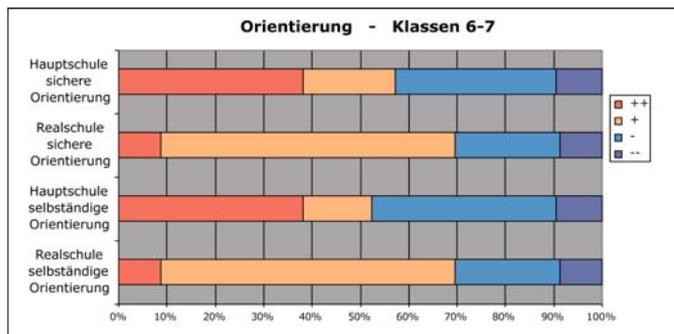


Abb. 6.4.6.4-3: Orientierung, Klassen 6-7

Im Vergleich dazu sind knapp 70% der Realschüler der Klassenstufen 6-7 und 78% der Realschüler der Klassenstufen 9-10 in der Lage, sich **sicher** zu orientieren. In etwa 70% der Realschüler der Klassen 6-7 und 74% der Klassen 9-10 können sich **selbständig** orientieren.

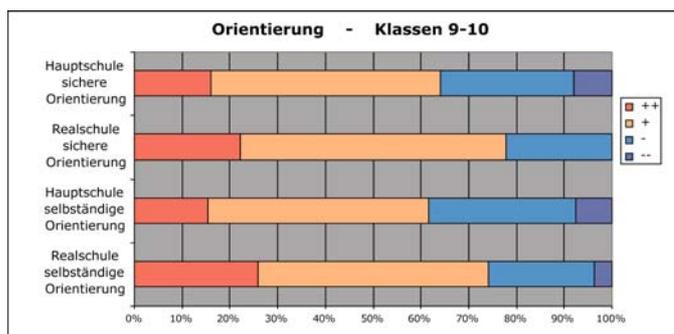


Abb. 6.4.6.4-4: Orientierung, Klassen 9-10

### Geburtsblinde vs. Erblindete im Kleinkindalter

#### Kenntnisse dargestellte Wirklichkeit

Die Untersuchungen zur kartographischen Disposition blinder und sehbehinderter Schüler hat ergeben, dass Geburtsblinde eine bessere Umweltwahrnehmung haben, über geringfügig bessere Kenntnisse über den geographischen Raum verfügen und besser in der Lage sind, eine Karte gedanklich in den geographischen Raum einzuordnen als Erblindete im Kleinkindalter.

Dem gegenüber verfügen Erblindete im Kleinkindalter über ein etwas besseres internes Abbild der dargestellten Wirklichkeit (kognitive Karte).

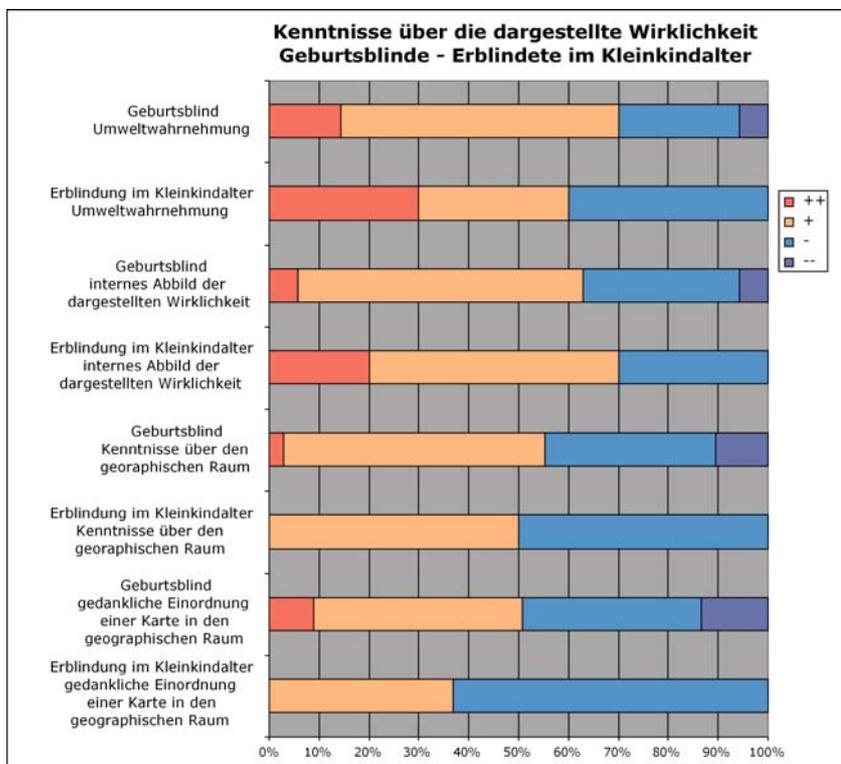


Abb. 6.4.6.4-5: Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit – Geburtsblinde und hochgradig Sehbehinderte

**Orientierung**

Geburtsblinde können sich nur geringfügig sicherer orientieren als Erblindete im Kleinkindalter.

Den Ergebnissen dieser Untersuchung zufolge können sich Erblindete im Kleinkindalter selbständiger orientieren als Geburtsblinde.

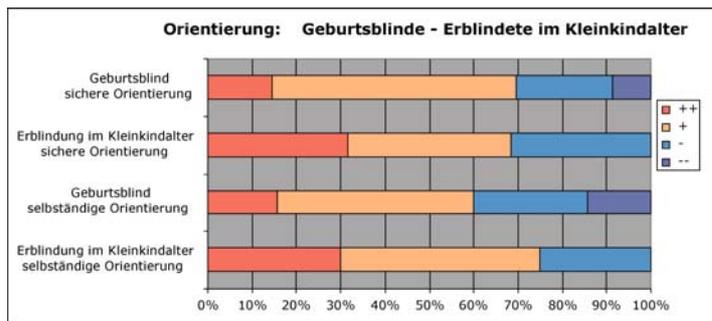


Abb. 6.4.6.4-6: Orientierung, Geburtsblinde - Erblindete im Kleinkindalter

**Amaurose vs. hochgradig Sehbehinderte**

**Kenntnisse dargestellte Wirklichkeit**

Die hochgradig sehbehinderten Schüler haben eine weitaus bessere Umweltwahrnehmung, verfügen über ein besseres internes Abbild der dargestellten Wirklichkeit (kognitive Karte) und haben etwas bessere Kenntnisse über den geographischen Raum als Schüler, die unter völliger Blindheit (Amaurose) leiden.

Die hochgradig Sehbehinderten Schüler sind auch etwas besser in der Lage, eine Karte gedanklich in den geographischen Raum einordnen zu können, dennoch liegen hier die Ergebnisse der Blinden prozentual nicht weit hinter denen der hochgradig Sehbehinderten zurück. So sind in etwa 48% der Kinder mit Amaurose und 53% der hochgradig sehbehinderten Kinder in der Lage, eine Karte gut und z.T. sehr gut gedanklich in den geographischen Raum einzuordnen.

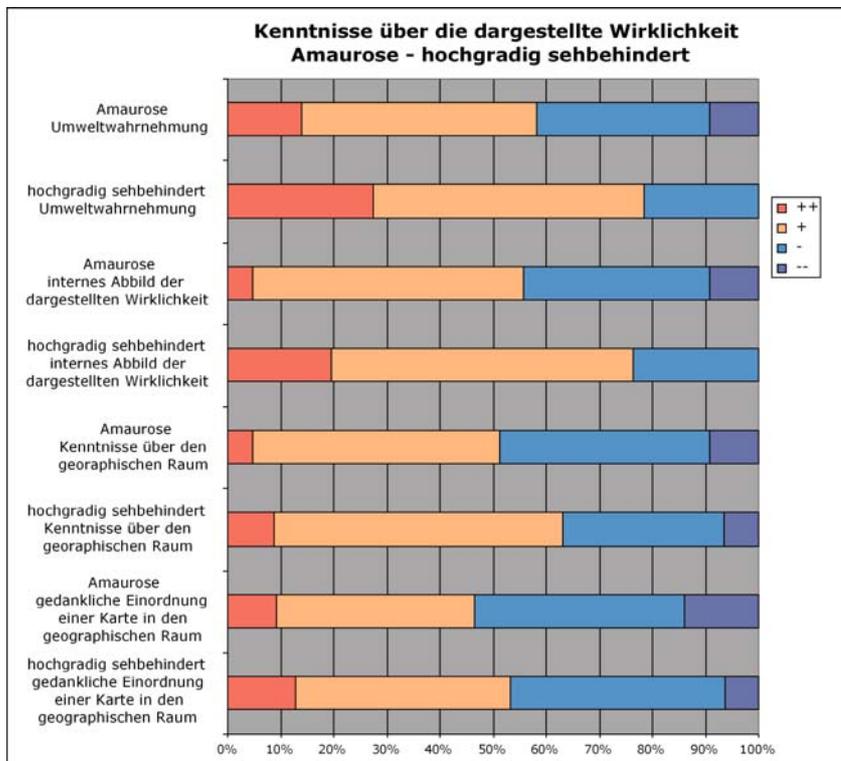


Abb. 6.4.6.4-7: Kenntnisse über die dargestellte Wirklichkeit – Amaurose und hochgradig Sehbehinderte

**Orientierung**

Die Gesamtmenge aller beurteilten hochgradig sehbehinderten Schüler orientiert sich sehr viel sicherer und selbständiger als Schüler mit Amaurose.

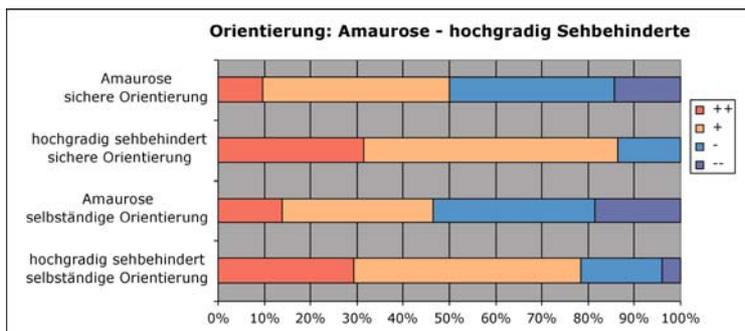


Abb. 6.4.6.4-8: Orientierung, Amaurose - hochgradig Sehbehinderte

6.4.6.5 Interessen

Aus der Abbildung 6.4.6.5-1 ist deutlich zu erkennen, dass über 65% aller beurteilten hochgradig sehbehinderten und blinden Schüler der Klassenstufen 6-7 und 9-10 an Haupt- und Realschulen, die auf die Nutzung von Punktschrift und taktilen Karten angewiesen sind, generell ein hohes bis sehr hohes Interesse an taktilen kartographischen Medien haben und auch über eine genauso hohe Bereitschaft zur Nutzung dieser Medien verfügen. Zudem mögen über 55% der beurteilten Schüler die Arbeit mit diesen Medien.

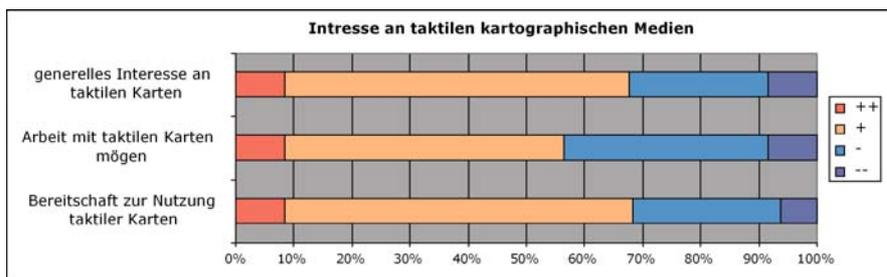


Abb. 6.4.6.5-1: Interesse an taktilen kartographischen Medien-1

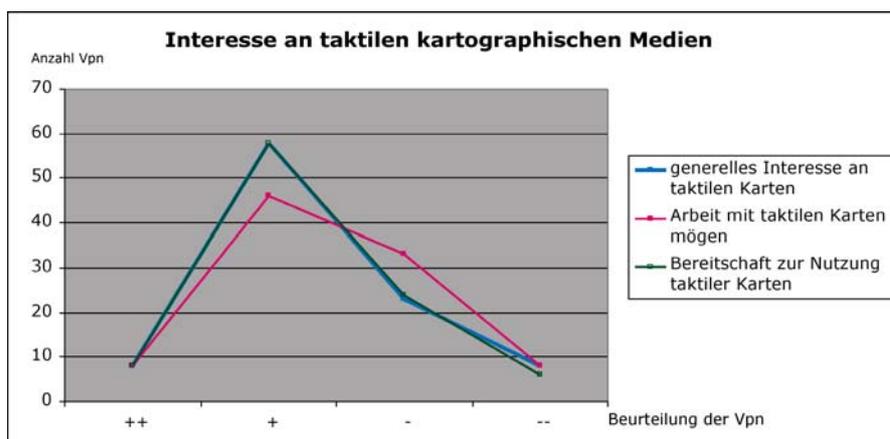


Abb. 6.4.6.5-2: Interesse an taktilen kartographischen Medien-2

Dennoch ist ein generelles Desinteresse an taktilen kartographischen Medien von über 30% zu verzeichnen. Ein gleichermaßen hoher Prozentanteil aller Beurteilten zeigt keine oder nur sehr wenig Bereitschaft, diese Medien zu nutzen.

Obwohl knapp 44% aller Schüler die Arbeit mit taktilen Karten im Geographieunterricht nicht mögen, zeigen dennoch in etwa 68% der Schüler eine Bereitschaft zur Nutzung dieser Medien.

**Hauptschule Klassen 6-7 / 9-10 vs. Realschule Klassen 6-7 / 9-10**

Die Beurteilung der Schüler hat ergeben, dass nur knapp 40% der Hauptschüler der Klassenstufen 6-7 Interesse an taktilen Karten haben. In den Klassen 9-10 hat sich das Interesse der Hauptschüler jedoch enorm gesteigert. Fast 80% der Beurteilten waren an diesen Medien interessiert.

Bei den Realschülern ist diese Tendenz rückläufig zu verzeichnen. Über 80% der Realschüler der Klassenstufen 6-7 zeigten Interesse an taktilen Karten, während in den Klassenstufen 9-10 das Interesse nur noch bei etwa 70% lag.

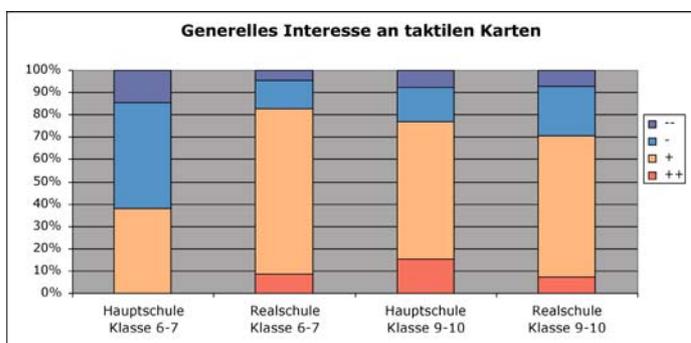


Abb. 6.4.6.5-3: Generelles Interesse an taktilen Karten, Hauptschule Klasse 6-7 / 9-10 und Realschule Klasse 6-7 / 9-10

Taktile Karten sollen in ihrem inhaltlichen Gehalt anspruchsvoller werden, da bei vielen Nutzern das Interesse mit zunehmender Nutzung wieder sinkt.

### Amaurose - hochgradig Sehbehinderte - Geburtsblinde - Erblindete im Kleinkindalter

Diese Abbildung stellt prozentual das allgemeine Interesse an taktilen Karten von Blinden, hochgradig Sehbehinderten, Geburtsblinden und im Kleinkindalter Erblindeten gegenüber. Das Interesse an diesen Medien ist bei allen vier Gruppen sehr hoch, dennoch ist zu erkennen, dass im Kleinkindalter Erblindete das größte Interesse an taktilen Karten haben.

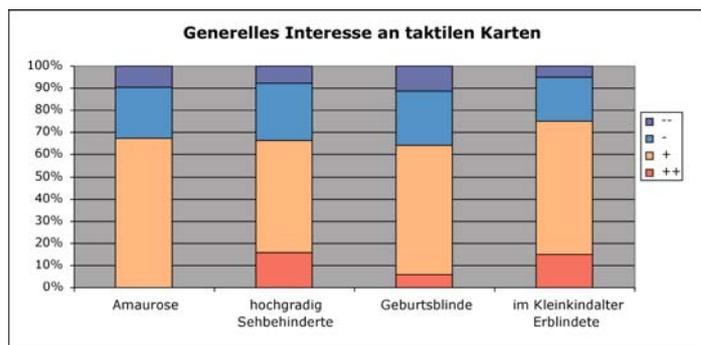


Abb. 6.4.6.5-4: Generelles Interesse an taktilen Karten, Amaurose- hochgradig Sehbehinderte - Geburtsblinde - Erblindete im Kleinkindalter

### 6.4.6.6 Emotionen

Über 58% aller beurteilten Schüler haben positive Emotionen gegenüber taktilen kartographischen Medien, während 42% der Schüler negative Emotionen aufweisen.

Die allgemeine Akzeptanz von taktilen kartographischen Medien liegt bei ca. 74% aller beurteilten Kinder. 24% akzeptieren taktile Karten geringfügig und nur 2% gar nicht.

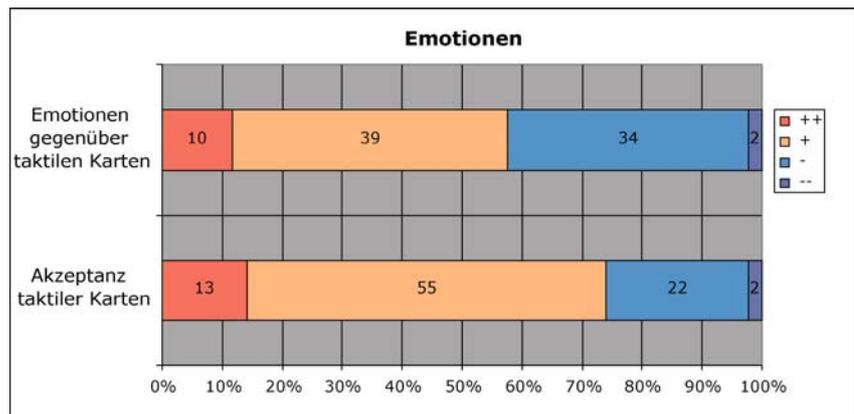


Abb. 6.4.6.6-1: Emotionen

### Hauptschule Klassen 6-7 / 9-10 vs. Realschule Klassen 6-7 / 9-10

Ca. 85% der Hauptschüler der Klassenstufen 6-7 haben negative Emotionen gegenüber taktilen Karten.

Bei Realschülern der gleichen Klassenstufen fällt dieses Verhältnis fast umgekehrt aus: hier haben ca. 80% aller beurteilten Schüler positive Emotionen gegenüber diesen Hilfsmitteln und nur 20% negative Emotionen.

Bei den beurteilten Hauptschülern der Klassenstufen 9-10 haben in etwa 80% der Schüler positive und nur noch 20% negative Emotionen.

Im Verhältnis haben sich die Emotionen der Realschüler der Klassenstufen 9-10 gegenüber denen der Klassen 6-7 erheblich verringert. Nur noch 56% der Beurteilten haben positive und 24% haben negative Emotionen gegenüber taktilen Karten.

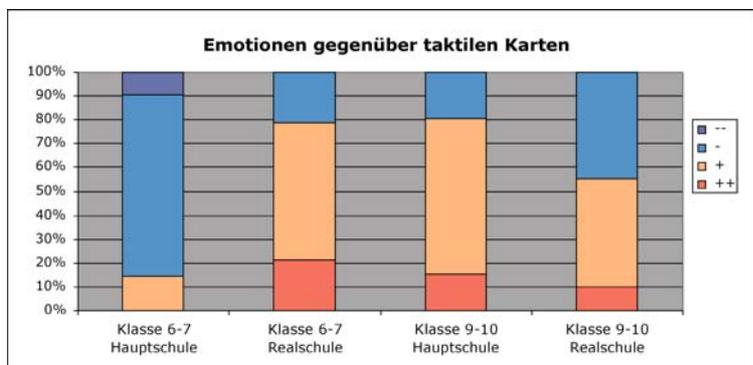


Abb. 6.4.6.6-2: Emotionen, Hauptschule Klasse 6-7 / 9-10 und Realschule Klasse 6-7 / 9-10

Nur 28% der Hauptschüler der Klassenstufen 6-7 akzeptieren taktile Karten, während bei den Realschülern der gleichen Klassenstufen die Akzeptanz bei fast 80% liegt.

Die allgemeine Akzeptanz taktiler Karten ist sowohl bei Haupt- als auch bei Realschülern der Klassenstufen 9-10 sehr hoch und liegt bei knapp unter bzw. bei knapp über 90%.

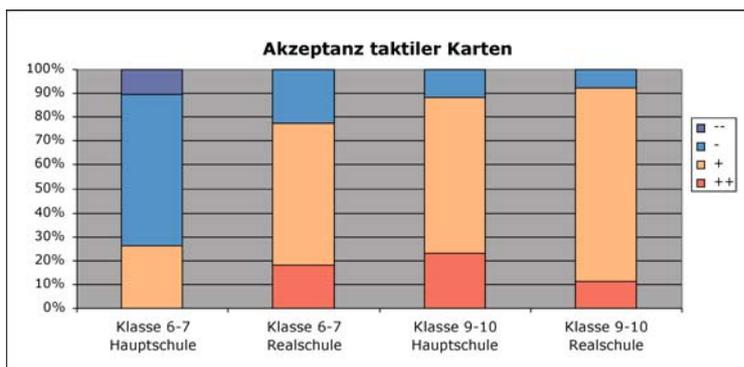


Abb. 6.4.6.6-3: Akzeptanz taktiler Karten, Hauptschule Klasse 6-7 / 9-10 und Realschule Klasse 6-7 / 9-10

### Geburtsblinde - Erblindete im Kleinkindalter - Amaurose - hochgradig Sehbehinderte

Erblindete im Kleinkindalter haben gegenüber taktilen Karten durchschnittlich positivere Emotionen als Geburtsblinde.

Auch im Vergleich zwischen Blinden und hochgradig sehbehinderten Schülern bringen die Blinden positivere Emotionen gegenüber taktilen kartographischen Medien auf als die hochgradig Sehbehinderten.

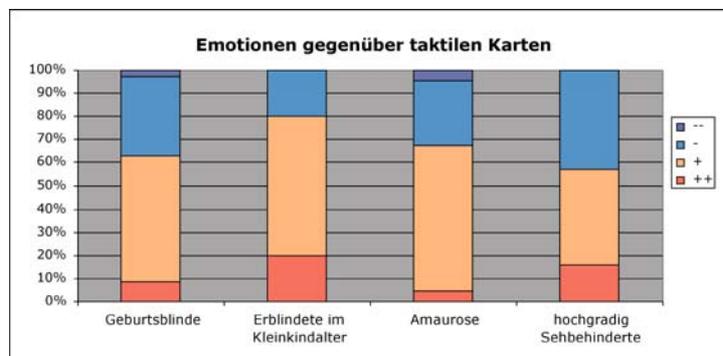


Abb. 6.4.6.6-4: Emotionen, Amaurose - hochgradig Sehbehinderte - Geburtsblinde - Erblindete im Kleinkindalter

Sowohl Geburtsblinde als auch Erblindete im Kleinkindalter akzeptieren taktile Karten zu etwa 80%.

Die Akzeptanz taktiler Karten differiert im Vergleich zwischen Blinden und hochgradig Sehbehinderten Schülern. Ca. 89% der Blinden akzeptieren taktile Karten, bei hochgradig Sehbehinderte dagegen nur ca. 62%.

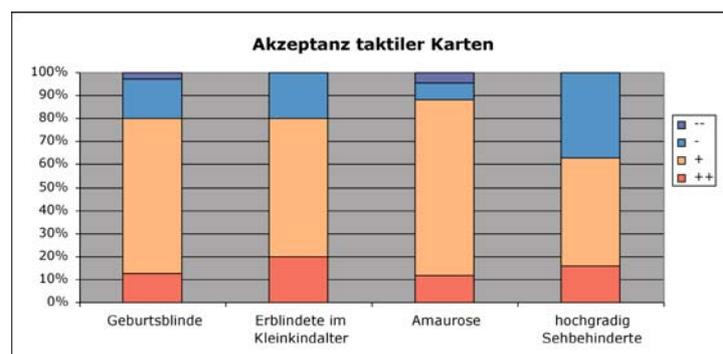


Abb. 6.4.6.6-5: Akzeptanz taktiler Karten, Amaurose - hochgradig Sehbehinderte - Geburtsblinde - Erblindete im Kleinkindalter

#### 6.4.7 Ausblick zu fortführenden empirischen Untersuchungen

Die Auswertung hat ergeben, dass die Schüler aller Klassenstufen und Schulformen von den taktilen kartographischen Medien profitieren können. Die Akzeptanz taktiler kartographischer Medien ist in allen Leistungsniveaus und Altersstufen überwiegend vorhanden.

Sowohl das Hauptschul- als auch das Realschulniveau werden durch die taktilen Karten, die an den Schulen für Blinde und Sehbehinderte zum Einsatz kommen, bedient. Dennoch werden nicht alle Schüler gleichermaßen von diesen Medien angesprochen.

Aus den Ergebnissen der Beurteilung blinder und sehbehinderter Kinder kann man ableiten, dass an der taktilen Kartengestaltung und deren Optimierung noch vielseitig gearbeitet werden kann und an dieser Stelle noch ausreichend Forschungsbedarf besteht!

Das Ziel von fortführenden empirischen Untersuchungen sollte in erster Linie darin bestehen eine Möglichkeit zu schaffen (bzw. eine Basis zu finden), einerseits zukünftige Kartenfunktionen in Abhängigkeit von dem kartographischen Umsetzungsvermögen der zukünftigen Nutzer und dem Lehrplan festzulegen und einzugrenzen und andererseits eine nutzergerichte Strukturentwicklung einer neu entstehenden taktilen kartographischen Medienanwendung zu realisieren.

Schon PAPAY (1973) gelangte zu der (theoretischen) Feststellung, dass kartographische Medien umso effektiver sind, je mehr ihre Struktur an die kartographische Disposition der zukünftigen Nutzer angepasst ist. Daher sollte eine praxisnahe Möglichkeit gefunden werden, um die zukünftigen Mediennutzer mit ihrem kartographischen Umsetzungsvermögen auf die konkrete Festlegung und Abgrenzung der Medienfunktionen sowie auf die (Struktur-) Entwicklung taktiler kartographischer Medien gezielt Einfluss zu nehmen.

Mit Hilfe einer genauen Einschätzung und Beurteilung ausgewählter Nutzergruppen bezüglich der Kriterien der kartographischen Disposition lassen sich genaue Erkenntnisse über ihre Leistungen, ihre Erfahrungen im Umgang mit taktilen kartographischen Medien, ihren Kenntnissen über die dargestellte Wirklichkeit, ihren Interessen und nicht zuletzt ihren Emotionen gegenüber diesen Medien ermitteln, um daraufhin ein entsprechendes (Nutzer-) Profil ableiten zu können.

Um weitergehende detaillierte Aussagen bezüglich der kartographischen Disposition von blinden und sehbehinderten Nutzen zu erhalten, ist eine weitere Untergliederungen bzw. genauere Aufspaltung der Nutzergruppen durchaus möglich (z.B. in: Blinde an Hauptschulen der Klassen 6-7 vs. hochgradig Sehbehinderte an Hauptschulen der Klassen 6-7 etc. oder noch detaillierter in: Blinde an Hauptschulen der Klassen 6-7, geburtsblind vs. Blinde an Hauptschulen der Klassen 6-7, im Kleinkindalter erblindet etc.). So kann eine Vielzahl an verschiedenen Nutzergruppen heraus kristallisiert werden. Jedoch ist in diesem Fall eine sehr hohe Anzahl an Probanden notwendig, um aussagekräftige Ergebnisse erzielen zu können.

Dennoch kann generell festgestellt werden: je detaillierter eine Nutzergruppe klassifiziert wird, desto genauer fallen die Beurteilungsergebnisse aus und desto genauer kann ein Nutzerprofil erstellt werden, anhand dessen zukünftige (Medien-) Funktionen genau auf eine spezifische Nutzergruppe ausgerichtet werden könnten.

Die neu gewonnenen Erkenntnisse über die kartographische Disposition der Nutzer sollen sich zukünftig besser auf die Optimierung der gesamten Kartengestaltung auswirken können. Ausgewählte Strukturelemente sollten aufgrund bestimmter Anforderungen von Seiten der Nutzer einerseits und von den vorbestimmten Medienfunktionen<sup>13</sup> andererseits von Anfang an entsprechend gestaltet bzw. modelliert werden können.

Dafür muss eine Möglichkeit gefunden werden, wie konkrete Schlussfolgerungen auf Umfang und Niveau der festzulegenden varianten (Medien-) Funktionen erfolgen sollte und wie eine funktionsgerechte Strukturentwicklung, die dem kartographischen Umsetzungsvermögen einer jeweiligen Nutzergruppe bestmöglich entgegenkommt, erzielt werden kann!

---

<sup>13</sup> Der Umfang der Medienfunktionen muss gleichermaßen in Abhängigkeit von der kartographischen Disposition der Nutzer eingegrenzt und festgelegt werden.

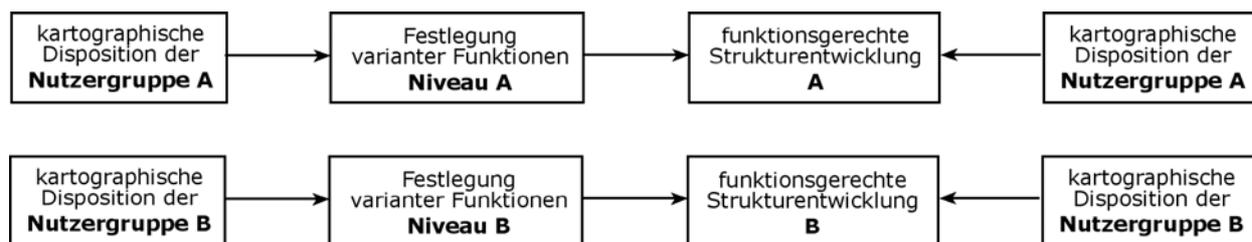


Abb. 6.4.7-1: Die Abhängigkeit der Strukturentwicklung von der kartographischen Disposition der Nutzer

Mit dem Fragebogen zur kartographischen Disposition der Nutzer wurde hierfür ein erster wesentlicher Bestandteil für fortführende empirische Untersuchungen geschaffen. So kann mit Hilfe dieses Fragebogens schnell und flexibel ein genaues Profil der potenziellen Nutzer taktiler kartographischer Medien erstellt werden.

Des Weiteren kann der Fragebogen jederzeit um weitere wichtige Beurteilungskriterien flexibel ergänzt bzw. ausgebaut werden.

Als Vorarbeit für weiterführende empirische Untersuchungen wurde hier eine erste Grundlage geschaffen, die das kartographische Umsatzvermögen blinder und hochgradig sehbehinderter Schüler (Mediennutzer) genau darlegt. Es ist wichtig, im Vorfeld der Kartenkonzeption über das kartographische Umsatzvermögen der zukünftigen Zielgruppe informiert zu sein, um die Medienfunktionen in Abhängigkeit von dem aktuellen Lehrplan genau auf die Nutzergruppen abstimmen zu können.

Um nutzergerechte taktile kartographische Medien zu schaffen und an der Optimierung ausgewählter Strukturelemente konsequent arbeiten zu können, bedarf es noch weiterer grundlegender Untersuchungen und Analysen, die im folgenden vorgeschlagen werden sollen:

Es ist eine umfangreiche Analyse von taktilen kartographischen Medien, die an allen Schulen für Blinde und Sehbehinderte in Deutschland eingesetzt werden, unbedingt erforderlich. Dabei müssen jeweils alle der Schule zur Verfügung stehenden taktilen kartographischen Medien erfasst werden.

Gleichzeitig muss festgestellt werden, wie oft bzw. in welchem Umfang diese kartographischen Medien im Unterricht als Hilfsmittel eingesetzt werden. Dabei ist auch den Ursachen auf den Grund zugehen, warum bestimmte kartographische Medien nicht bzw. nur selten verwendet werden.

Bereits am Telefon bemängelten viele Pädagogen die Qualität der derzeit zur Verfügung stehenden taktilen Karten. Einige Lehrer bemerkten während des Telefonates, dass sie die taktilen Karten aufgrund ihrer schlechten Qualität gar nicht oder nur sehr selten im Unterricht einsetzen können. Strukturoptimierungen der taktilen kartographischen Medien sind hier noch dringend notwendig!

Daher sollten in einer Umfrage alle derzeitigen Mängel der vorhandenen taktilen Karten aufgenommen und später analysiert und ausgewertet werden. Dabei ist es wichtig, dass eine kritische Beurteilung der Karten von Seiten der Lehrer, die diese Medien im (Geographie-) Unterricht einsetzen, erfolgt.

Pädagogen, die täglich mit taktilen kartographischen Hilfsmitteln arbeiten, kennen die Mängel und die größten Defizite, die diese Medien in der Praxis bzw. im ständigen Gebrauch aufweisen und wissen, warum bestimmte Medien von Seiten der Schüler akzeptiert oder abgelehnt werden. Sie sind somit in der Lage, konkrete Verbesserungsvorschläge zur Optimierung der graphischen Gestaltung anzubringen. Des Weiteren sollte in die Befragung der Pädagogen mit einbezogen werden, zu welchen speziellen Thematiken taktile kartographische Medien im (Geographie-) benötigt werden, um das Angebot dieser Hilfsmittel effizient und sinnvoll zu erweitern.

Es ist also grundlegend festzustellen, wo die genauen Ursachen des nicht Annehmens, des Desinteresses, des Nichtzurechtkommens oder der Ablehnung von taktilen Karten bei vielen Nutzern liegen. Es ist zu prüfen, ob diese Ursachen durch eine andere Gestaltung vermindert oder gar beigelegt bzw. beseitigt werden können.

In die Analyse müssen die verschiedenen Aspekte, wie z.B. die Ursachen für das Desinteresse der Schüler an taktilen kartographischen Medien, mit einbezogen werden, die später (neben den Kriterien der kartographischen Disposition) konkreten Einfluss auf die zukünftige Kartengestaltung nehmen können.

Gleichzeitig ist nach neuen praktikablen gestalterischen Möglichkeiten zu suchen, um die taktilen kartographischen Medien für Ihre Nutzer zukünftig attraktiver zu gestalten. Dabei sollte gerade den traditionellen taktilen kartographischen Medien (taktile Karten auf Schwellpapier und PVC-Folie) in Zukunft wieder erhöhte Aufmerksamkeit erteilt werden, denn meistens stehen den Schulen keine großen finanziellen Mittel zur Verfügung, um neue Entwicklungen, die allesamt recht teuer sind, für den Schulunterricht anzuschaffen. Traditionelle Karten sind im Vergleich zu den neuen Medien (wie z.B. audio-taktilen Dialogsystemen, die einerseits nun schon seit fast 20 Jahren auf dem Markt zu haben sind aber andererseits sehr teuer in ihrer Anschaffung sind und daher nur an sehr wenigen Schulen zum Einsatz kommen können) relativ billig. Dieses Potenzial sollte ausgeschöpft werden, da diese Untersuchungen u.a. ergeben haben, dass taktile kartographische Medien von vielen Schülern akzeptiert werden und ein Großteil der beurteilten Schüler damit relativ gerne arbeitet.

Es hat sich gezeigt, dass die vorhandenen taktilen kartographischen Medien, die den Schulen zur Verfügung stehen, noch lange nicht optimal an die Bedürfnisse der Nutzer angepasst sind. Von Seiten der Kartenhersteller besteht hier noch ausreichend Handlungsbedarf.

Es zeigt sich, dass die Betroffenen entweder aktiv (durch Befragungen) oder passiv (durch Beurteilungen bzw. Einschätzungen der Nutzer durch andere, z.B. durch zuständige Pädagogen) mit in die Gestaltung der Medien einbezogen werden sollen bzw. müssen.

Nach Auswertung dieser Aussagen sollte es möglich sein, bei der Erstellung von neuen taktilen Karten gezielt Strukturoptimierungen, die dem kartographischen Umsetzungsvermögen ihrer Nutzer entsprechen, durchführen zu können.

Nachfolgend soll noch einmal zusammengetragen werden, welche Aspekte bzw. Kriterien unbedingt bekannt sein müssen, um eine Optimierung taktiler kartographischer Medien durchführen zu können:

1. Es muss die kartographische Disposition der zukünftigen Nutzer (Nutzergruppe) bekannt sein.
2. Es müssen die zu erfüllenden (Medien-) Funktionen einer jeden neu zu erstellenden taktilen Karte in Abhängigkeit von der Disposition der zukünftigen Nutzer (und in Abhängigkeit vom aktuellen Lehrplan) abgegrenzt und festgelegt werden.
3. Zugleich müssen die konkreten Mängel und Defizite der zur Verfügung stehenden taktilen Karten bekannt sein, um diese von vornherein bei der graphischen Gestaltung einer neuen taktilen Karte zu vermeiden. Vermeidbare Fehler oder Mängel dürfen nicht aus (alt bewährter) Gewohnheit oder gar aus Unkenntnis wiederholt werden. So sollten bewährte Dinge (Gestaltungsrichtlinien) stets fortgeführt und für unbewährte Dinge (Gestaltungsrichtlinien) nach Alternativen und neuen Gestaltungsmöglichkeiten gesucht werden.
4. Es müssen die Gründe, die von Seiten der Nutzer zur Ablehnung eines taktilen kartographischen Mediums führen, bekannt sein.

## 7 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblicke

### 7.1 Zusammenfassung der theoretischen Untersuchungsergebnisse

Die **Taxonomie** taktiler kartographischer Medien beinhaltet sowohl das Klassifizieren von kartographischen Einheiten innerhalb der definierten Merkmalsgruppen (als eine erste äußere Struktur der Taxonomie) als auch das Segmentieren (als eine interne hierarchische Gliederung der Taxonomie).

Die Taxonomie taktiler kartographischer Medien kann nach dem Merkmal Gebrauchsform klassifiziert werden. Die **Klassifikation** nach der Gebrauchsform ermöglicht im weiteren Verlauf der Taxonomie-Aufstellung die genaue Auflistung aller Strukturkomponenten und Funktionalitäten taktiler kartographischer Medien.

Zur Aufstellung einer Taxonomie, bei der nach der Gebrauchsform klassifiziert werden soll, eignet sich eine Form der **Segmentierung**, bei der die Wesensarten und Eigenschaften von Medien genau aufgezeigt werden. So bietet es sich an, hierfür die Aufteilung des Medienbegriffes in die vier Medienaspekte Hardware, Software, Symbolsystem und Botschaft aus der Medienpsychologie zu übernehmen und den Medienbegriff so für den Bereich der taktilen Kartographie nach seiner Beschaffenheit wie folgt zu segmentieren: Der Medienaspekt **Hardware** bezeichnet die Stofflichkeit eines Mittlers und steht für das "womit" und "worauf" die kartographischen Informationen darstellbar gemacht und gespeichert werden sollen; der Medienaspekt **Software** beschreibt, "wie" die kartographischen Informationen an den Medienbenutzer übermittelt werden; das **Symbolsystem** bezeichnet den Kode, mit "welchem" die zu vermittelnden Informationen verschlüsselt sind und nicht zuletzt steht der Medienaspekt **Botschaft** in der Kartographie für das Ziel, das "was" von den konzipierten taktilen kartographischen Medien an die jeweiligen Nutzergruppen "wozu" vermittelt werden soll (vgl. Tab. 2.2.2-1, S. 23).

Um ein komplexes **Strukturmodell** aufzustellen, lassen sich alle Strukturkomponenten der sowohl traditionellen als auch neuen taktilen kartographischen Medien den drei Medienaspekten Hardware, Software und Symbolsystem zuordnen, da sie die allgemeine Beschaffenheit eines jeden taktilen kartographischen Mediums genau charakterisieren können. Sie gelten als die drei übergeordneten Hautkomponenten des Strukturmodells taktiler kartographischer Medien (vgl. Abb. 5.2-1).

Der Medienaspekt Hardware beschreibt die Datenausgabe des Mediums in Form eines Ausgabegerätes oder eines Zeichenträgers. Weiterhin werden Datengrundlagen, Datenformate, Datenausgabe, das Speichermedium sowie die Mobilität der Zeichenträger und Ausgabegeräte als beschreibende Komponenten des Strukturelementes Form untersucht.

Der Medienaspekt Software beschreibt das Medium als die Abbildung auf dem Zeichenträger, als die mit Hilfe eines Ausgabegerätes ausgegebenen Daten oder als das übermittelte Programm. Hier werden die verschiedenen Konstruktionsmethoden, die Abbildungs- und Repräsentationsformen, die Medienerscheinung, die mediale Unterstützung sowie die mediale Umgebung als beschreibende Komponenten des Strukturelementes Form untersucht. Das Strukturelement Form setzt sich sowohl aus Bestandteilen des Medienaspektes Hardware (als die Datenausgabe des Mediums) als auch des Medienaspektes Software (als Abbildung auf dem Zeichenträger, als die ausgegebenen Daten oder das übermittelte Programm) zusammen.

Dem Symbolsystem können bis auf das Strukturelement Form alle übrigen von PÁPAY (1973) aufgezählten Strukturelemente (graphische Gestaltung, Komplexität, Maßstab, kartographische Abstraktion) sowie die Kartenblattgestaltung und die zusätzlichen nicht graphisch repräsentierbaren Strukturelemente der neuen taktilen kartographischen Medien zugeordnet

werden. Diese Strukturelemente können im Rahmen der Semiotik untersucht und genau beschrieben werden.

Das semiotische Herangehen an die Analyse und Beschreibung der einzelnen Strukturelemente traditioneller und neuer taktiler kartographischer Medien im Symbolsystem stellte einen sehr interessanten, aber bisher kaum erforschten Teil der kartographischen Zeichentheorie<sup>1</sup> dar und musste daher spezifisch erfolgen (vgl. Abb. 5.2-1).

Der Medienaspekt Botschaft beschreibt keine Strukturelemente taktiler kartographischer Medien.

Im Vergleich zu den **Funktionen** der visuellen kartographischen Medien ergeben sich für die taktilen kartographischen Medien z.T. andere (Haupt-) Funktionen mit jeweils unterschiedlichen Funktionalitäten (Unterfunktionen).

Die Funktionen taktiler kartographischer Medien lassen sich in drei invariante Funktionen und zwei variante Funktionen differenzieren (vgl. Abb. 4.2-2).

Zu den **invarianten Funktionen**, die von jedem taktilen kartographischen Medium erfüllt werden, zählen die Informationsträgerfunktion (Abbildungs- und Repräsentationsfunktion, Modellfunktion), die Kommunikationsfunktion (Informationsaufnahme, -verarbeitung, -austausch und -transport) und die Sozialisierungsfunktionen (soziale Integration, emanzipatorische Funktion, Motivationsfunktion, Entwicklung bzw. Herausbildung subjektiver Gefühle [Emotionen]), die aber nicht zu den Hauptfunktionen zählen.

Zu den ausgewählten **varianten Funktionen**, die nur von bestimmten taktilen kartographischen Medien erfüllt werden können, zählen die Erkenntnisfunktion (Informationsgewinnung, Erkenntniserweiterung [Bildungsfunktion], Bewusstseinsbildung) und die Orientierungsfunktion als die alleinige Entscheidungsverhalten erzeugende Verhaltenslenkungsfunktion taktiler kartographischer Medien (Erhöhung der Mobilität, georäumliche Bewusstseinsbildung).

Zwischen Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien bestehen **Wechselwirkungen**, die in Form von beiderseitigen Abhängigkeiten oder gegenseitigen Beeinflussungen auftreten.

Der taktile kartographische Modellierungsprozess lässt sich in vier allgemeine Phasen (Arbeitsschritten) untergliedern:

1. Die Phase der ersten **Konzeption** des Mediums.
2. Die Phase der praktischen **Umsetzung** der konzipierten Anwendung durch den Modellierer.
3. Die Phase der **Inspektion** der neu erstellten Medienanwendung durch den zukünftigen Nutzer.
4. Die Phase der **Strukturangleichungen** an die vorgegebene Funktion (Strukturoptimierungen).

In den ersten beiden Phasen bestimmen die varianten Funktionen die Strukturentwicklung und setzen dadurch der (Medien-) Struktur im Voraus Grenzen (vgl. Kap. 6.3.1), während in der dritten Phase eine bereits bestehende Medienstruktur die zu erzielenden Funktionen rückwirkend beeinflusst und damit der ursprünglich angestrebten Funktionalität (variante Funktion) über die direkte Einwirkung auf die invariante Kommunikationsfunktion Grenzen setzen kann (vgl. Kap. 6.3.2).

Im taktilen kartographischen Modellierungsprozess können während der Phasen der Konzeption und der praktischen Umsetzung durch den Modellierer theoretisch vielfältige und vor allem gezielte Beeinflussungen von einzelnen Komponenten der Struktur durch jeweils vorbestimmte **variante Funktionen** stattfinden. Dabei können sich einige Struktur-

---

<sup>1</sup> Die kartographische Zeichentheorie (Kartosemiotik) entwickelt Theorien und Modelle zur Herstellung und Nutzung (taktile) kartographischer Medien, um spezielle kartographische Zeichensysteme als die graphischen Repräsentanten georäumlicher Informationen im Sinne einer Zeichensprache bereitzustellen.

elemente unabhängig<sup>2</sup> von der varianten Funktion entwickeln, während andere stark von der vorbestimmten Funktionalität der Medienanwendung abhängen<sup>3</sup> (vgl. Abb. 6.3.1-2).

Die **invarianten Funktionen** können im taktilen kartographischen Modellierungsprozess generell keinen Einfluss auf die Strukturentwicklung einer neu entstehenden taktilen kartographischen Medienanwendung ausüben.

Die **kartographische Disposition der Nutzer** kann die klare Festlegung und Eingrenzung der von dem Medium zukünftig zu erfüllenden varianten Funktionen beeinflussen, d.h. die Festlegung und Eingrenzung der varianten Funktionen muss (bzw. sollte) immer in Abhängigkeit von der jeweiligen kartographischen Disposition der zukünftigen Nutzer erfolgen. Des Weiteren kann die kartographische Disposition der Nutzer einen entscheidenden Einfluss auf die Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung nehmen. Sie kann sich entweder direkt oder über die vorbestimmten varianten Funktionen auf die Strukturentwicklung einer taktilen kartographischen Medienanwendung auswirken (vgl. Abb. 6.3.1-2 und Abb. 6.3.1-4).

Die fertige **Struktur** einer taktilen kartographischen Medienanwendung entscheidet im Nachhinein über die Funktionalität und Effizienz des Mediums mit, sie kann diese sogar beeinträchtigen und der vorbestimmten Funktionalität der Medienanwendung rückwirkend Grenzen setzen. Demnach bestimmt die bestehende Struktur einer fertigen Medienanwendung während der Phasen der Inspektion durch den Nutzer und während des Kartennutzungsprozesses rückwirkend über die tatsächlichen Funktionseigenschaften eines bereits existierenden taktilen kartographischen Mediums.

Die Effizienz eines fertigen taktilen kartographischen Mediums spiegelt sich in erster Linie im Grad der Erfüllung der invarianten Kommunikationsfunktionen wider und wirkt sich darüber hinaus weiter auf die Erfüllung oder Nichterfüllung der hierarchisch übergeordneten und vorbestimmten varianten Erkenntnis- und Orientierungsfunktionen aus. Damit vermag eine vereinfachte und auf das Wesentliche eines Sachverhaltes reduzierte taktile kartographische Darstellung die vorbestimmten varianten Funktionen nur dann optimal zu erfüllen, wenn ihre Inhaltselemente klar strukturiert, klar erkennbar und klar voneinander differenzierbar sind, so dass die primäre Erfüllung der invarianten Kommunikationsfunktionen bestmöglich gewährleistet ist. Anderenfalls kann die taktile kartographische Abbildung ihre vorgesehenen Funktionen nicht in vollem Umfang, im schlimmsten Fall sogar überhaupt nicht erfüllen.

---

<sup>2</sup> Unabhängig von der vorbestimmten varianten Funktion entwickeln sich folgende Strukturelemente: die syntaktischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung (Superisationsvorgänge, Lagegenauigkeit und Diskrimination taktiler Kartenzeichen); die syntaktisch-semantischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung (graphische Merkmale und graphische Wirkungen der taktilen Kartenzeichen); die semantischen Strukturelemente der graphischen Gestaltung (Darstellungsmethoden, Kartenschrift, Standardisierung von taktilen Kartenzeichen und der Bedeutungsinhalt der Kartenzeichen); ausgewählte Kriterien der äußeren Kartenblattgestaltung wie die Platzierung von Kartentitel, Maßstabsangaben, Nordpfeil und Kartenrahmen sowie die Legendengestaltung; Vibrationen und auditive Variablen (nicht textliche Tonausgabe: Klangvariablen; textliche Tonausgabe: auditive Sprachvariablen zur Benennung von Objekten).

<sup>3</sup> Die vorbestimmten varianten Funktionen können auf die Entwicklung folgender Strukturelemente im Voraus Einfluss nehmen: Komplexität, kartographische Abstraktion, ausgewählter Maßstab; ausgewählte Kriterien der äußeren Kartenblattgestaltung (Auswahl des Formates, Formulierung des Kartentitels) sowie auditive Variablen (textliche Tonausgabe: auditive Sprachvariablen zur Interpretation, Erklärung und Kommentierung dargestellter Karteninhalte; nicht textliche Tonausgabe: Geräusche, Musik).

## 7.2 Ausblicke zur empirischen Forschung

Im Verlauf dieser Arbeit wurden die einzelnen Komponenten von Struktur (vgl. Kap. 5) und Funktion (vgl. Kap. 4) theoretisch untersucht. Auch die konkrete Beeinflussung der einzelnen Komponenten der Struktur durch die varianten Funktionen und analog die Beeinflussung der invarianten Funktionen durch die verschiedenen Komponenten der Struktur sowie der Einfluss der kartographischen Disposition der Nutzer auf Struktur und Funktion konnten in den Kapiteln 6.3.1 und 6.3.2 analysiert werden.

Zur weiteren Erforschung der Beziehungen bzw. der Wechselwirkung zwischen Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien müssen zukünftig empirische Untersuchungen durchgeführt werden, die in Abhängigkeit von der kartographischen Disposition der Nutzer (vgl. Kap. 4.3) zur Verbesserung von Übermittlungsprozessen kartographischer Informationen führen. Dabei geht es vor allem um Untersuchungen zur **Effektivität der Informationsübertragung** (ist generell strukturabhängig), um herauszufinden, welches taktile kartographische Medium in den unterschiedlichsten Situationen die jeweils wirksamste Informationsübertragung gewährleistet. Schon PÁPAY (1973) kritisierte in der visuellen Kartographie, dass es zum Teil aufgrund des Fehlens von derartigen Untersuchungen zurückzuführen ist, „dass den Benutzern oft auch dann eine Karte gegeben wird, wenn eine andere kartographische Darstellungsform eine effektivere Informationsübertragung gewährleisten würde“ (S. 236).

Des Weiteren fehlen für den Bereich der taktilen Kartographie fundierte empirische Untersuchungsergebnisse, welche das kartographische Umsetzungsvermögen der unterschiedlichen Nutzergruppen in Abhängigkeit von den Kriterien, die die kartographische Disposition der Nutzer bestimmen (vgl. Abb. 6.1.2-2), sorgfältig beschreiben.

Es ist bekannt, dass es in der taktilen Kartographie besonders schwierig ist, die durchschnittlichen Fähigkeiten einer jeweiligen Nutzergruppe zur Informationsaufnahme und/oder ihre speziellen Bedürfnisse in Bezug auf die Nutzung eines taktilen kartographischen Mediums exakt feststellen zu können (vgl. Kap. 6.1.2). So ist es in der Konzeptionsphase des Mediums und während der Phase der praktischen Umsetzung der Anwendung durch den Modellierer sehr schwer, die tatsächliche Disposition der zukünftigen Benutzer richtig einzuschätzen und zu beurteilen sowie sie während der Kartengestaltung entsprechend berücksichtigen und umsetzen zu können. Oftmals werden die eigenen Vorstellungen über die wahrscheinliche bzw. mögliche Disposition der zukünftigen Nutzer zugrunde gelegt, die z.T. auf eigenen oder angeeigneten Erfahrungswerten und/oder auf bereits erstellten Benutzeranalysen, die bezüglich einer anderen Medienanwendung oder eines anderen Untersuchungsschwerpunktes stattfanden, beruhen.

Darüber hinaus fehlen konkrete Untersuchungen, die sich insbesondere damit beschäftigen, wie sich die kartographische Disposition der zukünftigen Nutzer im Voraus eines taktilen kartographischen Modellierungsprozesses auf die Festlegung bzw. Bestimmung der varianten Funktionen einerseits und die konkrete Strukturentwicklung der taktilen kartographischen Medienanwendung andererseits auswirken kann.

Daher sollte es in nachfolgenden Arbeiten primär darum gehen, grundlegend herauszufinden, wie und in welchem Umfang sich die kartographische Disposition ausgewählter Nutzergruppen auf die Festlegung von gewünschten (Medien-) Funktionen sowie auf die konkrete Strukturentwicklung neu zu erstellender taktiler kartographischer Medien auswirken kann.

Vor diesem Hintergrund stellt die empirische Erfassung der Kriterien, welche die kartographische Disposition der Nutzer konkret beschreiben, das übergeordnete Ziel einer bundesweiten Einschätzung von blinden und sehbehinderten Schülern vorerst zweier ausgewählter Klassenstufen durch Pädagogen an Schulen für Blinde und Sehbehinderte in Deutschland dar. Damit soll ein erster Ansatzpunkt für zukünftige empirische Untersuchungen geschaffen werden, die dringend erforderlich sind (vgl. Kap. 6.4).

## 8 Register/Sachwortverzeichnis

### A

Abbildungsformen 22, 66f., 73, 125, 181  
 absolute Lage 75, 78, 142, 152  
 auditiv 13, 23f., 32, 35f., 71, 115, 116  
 auditive Variablen 75, 113, 116, 117, 148, 158  
 audio-taktile Dialogsysteme 32, 35, 41, 113, 121

### B

Begriffsgeneralisierung 70, 75, 115, 121, 146, 156  
 Bewusstseinsbildung 50, 54f., 61, 138, 145f., 155  
 Bewusstseinsinhalt 56, 57  
 Bildungsfunktion 52f., 145, 146  
 Blockbauweise 74

### D

Darstellungsmethoden 75f., 78, 89f., 94, 116, 143, 149, 153f.  
 Darstellungsdimension 14  
 Datenausgabe 22, 25, 67f., 71f., 125, 159  
 Datenformat 67, 68, 72, 159  
 Datengrundlage 67, 68, 72  
 Dekodierung 15, 57, 67, 69f., 128, 155  
 Dekodierungsgeschwindigkeit 128  
 diagrammatische Ikonizität 101f., 105  
 diagrammatisches Ikon 104  
 Dimensionsstufen 30, 75, 111, 147, 156  
 Dimensionsstufenmodell 20, 111  
 direkte Erfahrung 132, 133  
 Diskreta 91f., 96f.  
 Diskrimination 75f., 78, 87, 142, 148, 150, 152f.  
 Disposition 127f.  
   Disposition der Nutzer 25, 48, 59, 62, 121, 124, 127f., 130f., 136f., 140f., 142, 144f., 150f., 153f.  
   Disposition der Modellierer 135, 137f., 140, 149

### E

Elektronische Reisehilfen 20f., 25, 36, 43, 54, 73, 115  
 emanzipatorische Funktion 53f., 61, 137, 156, 160  
 Empfänger 13, 29, 55, 70  
 Entscheidungsunterstützungsfunktion 49  
 Erfahrungskegel 132, 133  
 Erkenntnisfunktion 52f., 54, 59, 145f.  
 Erkenntnisprozess 49, 130

### F

Format 112, 147, 157  
 Funktion 47f.  
   Bildungsfunktion 52f., 145, 146  
   Entscheidungsunterstützungsfunktion 49  
   Erkenntnisfunktion 52f., 54, 59, 145f.  
   emanzipatorische Funktion 53f., 61, 137, 156, 160  
   Informationsgewinnungsfunktion 49, 52f.  
   Informationsträgerfunktion 49, 51f., 136f., 141f., 151f.  
   invariante Funktion 49, 51f., 139, 141f., 151f.  
   Kartenfunktionen 47f.  
   kognitive Funktion 49, 50  
   Kommunikationsfunktion 50f., 54f., 137f., 140f., 142f., 151f.

Modellfunktion 51f.  
 Motivationsfunktion 62  
 nicht invariante Funktion 49, 51  
 Orientierungsfunktion 50f., 52f., 60f., 129, 142f., 151f.  
 Sozialisationsfunktion 53, 61f., 129, 136f., 142f., 152f.  
 variante Funktion 50f., 53, 138f., 141, 143, 151  
 Verhaltenslenkungsfunktion 49, 51f., 60

### G

Gebrauchswert 137  
 Generalisierung 29, 65f., 75, 107, 110  
 geometrische Abstraktion 75, 108, 146, 149, 156  
 Gitterbauweise 74  
 GPS-gestützte Navigationssysteme 21, 44, 54, 115f.  
 Graphikstruktur 30, 64  
 graphische Abstraktion 75  
 graphische Variablen 73, 75, 80f., 154  
 graphische Gestaltung 22f., 25f., 66f., 75, 76f., 80, 84, 89, 91, 125, 142f., 159  
 graphische Kartenbelastung 106

### H

Handlungen 50, 58, 60, 107  
 Handlungsbedarf 130  
 Handlungsfelder 17, 69  
 Handlungsziele 60

### I

Ikon 101  
 ikonische Erfahrung 131  
 ikonische Zeichen 101f.  
 Index 103  
 indexikalische Zeichen 75, 103  
 Informationsebenen 23, 25, 41f., 75, 93, 96, 115, 120f.  
 Informationsträgerfunktion 49, 51f., 136f., 141f., 151f.  
 Informationsgewinnungsfunktion 49, 52f.  
 Intervallskala 90  
 invariante Funktion 49, 51f., 139, 141f., 151f.

### K

Kartenbelastung 66, 75, 106, 145, 155  
 Kartenblattgestaltung 22f., 25, 66f., 75, 112f., 114f., 125, 147, 149, 151, 157, 159  
 Kartenfunktionen 47f.  
 Kartenhersteller 28, 50, 55f., 124  
 Karteninhalt 24, 57, 65, 87, 106, 114, 118, 129, 141, 147f.  
 Kartennutzer 24, 50, 52, 55f., 58, 60f., 71, 96, 101f., 124f., 137f., 155f.  
 Kartenschrift 75f., 99, 103f., 143, 148, 153f.  
 Kartenstruktur 67  
 Kartentaxonomie 17, 18  
 Kartentitel 98, 114, 157  
 Kartenzeichensystem 75, 77f., 141f., 152f.  
 kartographische Abstraktion 22f., 66f., 75, 107f., 125, 146, 149, 151, 156  
 kartographische Darstellungsmethoden 89f., 94, 153f.

- kartographische Disposition 127f.  
     kartographische Disposition der Nutzer 25,  
         48, 59, 62, 121, 124, 127f., 130f.,  
         136f., 140f., 142, 144f., 150f.,  
         153f.  
     kartographische Disposition der Modellierer  
         135, 137f., 140, 149  
 kartographische Medien 12f.  
 kartographische Semantik 70f.  
 kartographische Syntaktik 70f.  
 kartographisches Kommunikationsmodell 30, 56  
 kartographischer Kommunikationsprozess 17, 28,  
     55f., 73  
  
**Kartosemiotik** 68, 70, 75  
**Klassifikation** 13f., 18f., 21, 24f., 30, 70,  
     107f., 127, 130, 159  
**Klassifikationsmerkmale** 19f., 30  
**Kodierung** 15, 21, 23f., 35, 70, 118, 120, 131, 155  
**Kodierungsform** 12, 14  
**Kodierungssystem** 35  
**kognitive Funktion** 49, 50  
**kognitive Karte** 128  
**kognitiver Verarbeitungsprozess** 132  
**Kommunikation** 15f., 29, 50f., 55f, 59  
**Kommunikationsbedingungen** 17, 29  
**Kommunikationsfunktion** 50f., 54f., 137f., 140f.,  
     142f., 151f.  
**Kommunikationsmodell** 30, 56  
**Kommunikationsprozess** 15, 17, 24, 28f., 48, 55f.,  
     59, 61, 73, 130  
**Kommunikationstheorie** 29  
**Komplexität** 19f., 22f., 25f., 7f., 75, 77, 99, 106,  
     125, 145, 149f., 155  
**Komplexitätsgrad** 21, 74f., 106, 115, 121, 145,  
     149, 155  
**komplexe Karte** 75  
**Konstruktionsmethoden** 22, 67, 73, 74, 159  
**Kontinua** 91, 97  
**Kriterien der kartographischen Disposition der Nutzer**  
     128f., 130, 138  
     unveränderbare Kriterien 128f.  
     veränderbare Kriterien 128f.
- L**
- Lagegenauigkeit** 75, 78, 142, 148, 152  
**Legende** 70, 75, 100f., 104, 112, 118, 147,  
     154, 157  
**Legendengestaltung** 75, 112, 147, 149f.  
**Linienbauweise** 74
- M**
- Maßstab** 20, 23f., 30, 66, 75, 96, 107, 110f.,  
     112, 114, 125, 147, 154  
**Maßstabsbereich** 26, 29, 75, 110f., 122, 147, 156  
**mediale Umgebung** 22, 67, 73, 125, 159  
**mediale Unterstützung** 22, 67, 73, 159  
**Medienaspekte** 19f.  
**Medienaspekt Botschaft** 24, 67, 159  
**Medienaspekt Hardware** 22, 72, 125, 159  
**Medienaspekt Software** 22, 73, 159  
**Medienaspekt Symbolsystem** 21f., 23f., 25, 67f.,  
     71f., 75f., 88, 114f., 121, 125, 142, 149, 152  
**Medienbausteine** 13f., 125, 134  
**Medienkode** 13, 20  
**Medienerscheinung** 22, 67, 73, 125, 159  
**Medientaxonomie** 19, 25  
**Merkmalsgruppen** 16f., 19, 21f., 25, 67, 119, 159  
**metaphorische Erfahrung** 132, 133  
**metrische Skala** 90  
**Mindestabstand** 29, 78, 95, 109  
**Mindestdarstellungsgröße** 76, 78, 152  
**Mobilität** 22, 60f., 72, 147, 159
- Modellfunktion** 51f.  
**Modellierung** 65, 69, 130  
**Modellierungsgesetze** 124f., 134  
**Modellierungsprozess** 23, 134f., 141f., 151f.  
**Motivationsfunktion** 62
- N**
- nicht invariante Funktion** 49, 51  
**Nominalskala** 84, 89  
**numerische Kartenbelastung** 106  
**Nutzungsanleitung** 75, 115, 122
- O**
- Objektmerkmal** 70, 75f., 82, 89, 100f., 120,  
     124f., 134, 143, 148, 153f.  
**Objektstruktur** 65, 148  
**Objekt-Zeichen-Referenzierung** 66, 70  
**Orientierungsfunktion** 50f., 52f., 60f., 129,  
     142f., 151f.  
**Ordinalskala** 90, 117, 118
- P**
- Polyelementkarte** 106, 155  
**Pragmatik** 70, 71, 76, 80, 110, 115  
**pragmatische Information** 57  
**pragmatische Redundanz** 57f., 110
- Q**
- qualitative Abstraktion** 108, 109  
**quantitative Abstraktion** 108, 109
- R**
- Raumbezug** 89, 91  
**Ratioskala** 90  
**Redundanz** 57f.  
     semantische Redundanz 57f.  
     pragmatische Redundanz 57f., 110  
**relative Lage** 75, 78, 106, 119, 142, 152  
**Repräsentationsformen** 22, 66f., 73, 125, 159
- S**
- Segmentierung** 18f., 21, 24, 132  
**Semantik** 68, 70f., 76, 80, 99, 112, 115f.  
**semantische Abstraktion** 108f.  
**semantische Generalisierung** 75  
**semantische Redundanz** 57f.  
**Semiotik** 68f., 75, 107, 131f., 160  
**Sender** 13, 55f.  
**Sender-Kanal-Empfänger-Modell** 55, 56  
**sinnbildliche Erfahrung** 132  
**Skalierungsniveau** 89  
**Skalenniveau** 82, 120  
**soziale Funktion** 50f.  
**Sozialisationsfunktion** 53, 61f., 129, 136f.,  
     142f., 152f.  
**Speichermedium** 22, 67f., 72, 159  
**Standardisierung** 28, 75f., 100, 112, 144, 149f.,  
     154  
**Strukturelement** 67, 71, 125, 145f., 149, 155f., 159  
**Strukturkomponente** 20, 22, 30, 32, 36, 64f.,  
     115f., 121f., 135, 140, 155  
**Strukturmodell** 65f., 70f.  
**Superisationsvorgänge** 75, 77, 142, 152  
**symbolische Erfahrung** 131  
**symbolisches Zeichen** 99  
**Symbolisierung** 28, 45

Symbolsystem 21f., 23f., 25, 67f, 71f., 75f., 88,  
114f., 121, 125, 142, 149, 152  
Syntaktik 68, 70f., 76f., 108, 115f.

**T**

taktile Displays 20f., 33f., 37f., 54, 73, 132  
taktile graphische Variablen 75, 80f.  
taktiles kartographisches Kommunikationsmodell 57  
Taxonomie 12, 16f., 24f., 68, 159  
Temporale Abstraktion 109f.

**U**

Übertragungskanal 29, 55

**V**

variante Funktion 50f., 53, 138f., 141, 143, 151  
Verhaltenslenkungsfunktion 49, 51f., 60  
Visualisierung 29  
Vibrationen 23, 25, 39f., 75, 115, 116f., 147, 149,  
158

virtuelle taktile Displays 20, 21, 33, 39f., 54  
virtuelle taktile Karten 20, 21, 45f.

**W**

Wechselwirkungen 25, 68, 124, 136f.

**Z**

Zeichen  
ikonische Zeichen 101f.  
indexikalische Zeichen 75, 103  
symbolische Zeichen 104  
Zeichenabstand 83f., 96  
Zeichendimension 67  
Zeichenträger 15, 22f., 66f., 72f., 125f., 145, 159  
Zeichenprozess 107  
Zeichenrelation 10, 76, 116  
Zeichensystem 19, 23, 69, 75, 77f., 142f., 152f.  
Zeichentheorie 67, 68, 75, 160  
Zeichentypologie 69, 100  
Zeichenvorrat 55, 69  
Zweckbestimmung 47f., 51, 66, 114, 141, 145, 147

## 9 Literaturverzeichnis

### A

- ALBRECHT, J. (2000): Europäischer Strukturalismus. UTB Für Wissenschaft, Francke Verlag, 2. Auflage.
- ARMSTRONG, J.D. (1973): The Design and Production of Maps for the Visually Handicapped. Mobility Monograph Nr. 1, Nottingham 1973.
- ARNBERGER, E. (1970): Grundsatzfragen der Kartographie. Österreichische Geographische Gesellschaft, Wien.
- ARNBERGER, E. (1987): Thematische Kartographie. 2. Auflage, Verlag Höller und Zwick, Braunschweig.
- AUST, B. (1998): Generalisierung in der Kartographie. Zeitschrift für Semiotik, Band 20, Heft 1-2, Stauffenburg Verlag Tübingen.

### B

- BACHMAIR, B. (1979): Medienverwendung in der Schule: Analyse- und Planungsbeispiele für den Unterricht mit audiovisuellen Medien. Aus der Reihe: Beiträge zur Medientheorie und Kommunikationsforschung (Band 17), Spiess Verlag, Berlin.
- BARTHEL, H. (1983): Stichwort: Naturraum. In: OGRISSEK, R. (Hrsg.) (1983): ABC Kartenkunde. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig.
- BENEDICT, E. (1985): Georäumliche Strukturabbildung mittels thematischer Karten als Verflechtungs- und als Prozeßmodelle für die Forschung und die Praxis der Volkswirtschaft. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 2/85, S. 147/148.
- BENTZEN, B.L. (1982): Production and testing of an orientation and travel map for visually handicapped persons. New Outlook, Nr. 66, S. 249-255.
- BERTIN, J. (1974): Graphische Semiologie. Deutsche Ausgabe, übersetzt und bearbeitet von G. JENSCH, D. SCHADE und W. SCHARFE. 2. Auflage, Berlin, New York.
- BEYER, M. (1995): Aspekte der Gestaltung und Herstellung taktiler Medien anhand ausgewählter Beispiele. Taktile Medien, Kolloquium über tastbare Abbildungen für Blinde, Tagungsband, Dresden, S. 32-37.
- BILL, R. & ZEHNER, M (2001): Lexikon der Geoinformatik in acht Bänden. Verlag Wichmann, Heidelberg.
- BLINDEN- UND SEHSCHWACHENVERBAND DER DDR (1984): Internationale Konferenz über Reliefdarstellung für Blinde (Dokumentation). Deutsche Zentralbücherei für Blinde zu Leipzig.
- BLISTA: Homepage der Deutschen Blindenstudienanstalt Marburg/Lahn (blista): <http://www.blista.de>.
- BOLLMANN, J. (1977): Probleme der kartographischen Kommunikation. Kirschbaum Verlag, Bonn - Bad Godesberg.
- BOLLMANN, J. (1981): Aspekte kartographischer Zeichenwahrnehmung - Eine empirische Untersuchung. Bonn - Bad Godesberg.
- BOLLMANN, J. (1994): Informationsverarbeitung im Kartographischen Wahrnehmungsraum. Kartosemiotik 5, Internationales Korrespondenzseminar, TU Dresden, Institut für Kartographie, S. 53-65.
- BOLLMANN, J. (1996 a): Kartographische Modellierung - Integrierte Herstellung und Nutzung von Kartensystemen. Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien. In: Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 96, Bern, S. 35-55.
- BOLLMANN, J. (1996 b): Anmerkungen zur kartographischen Erkenntnisgewinnung auf der Grundlage neuer kommunikativer Rahmenbedingungen. In: Kartographische Nachrichten, 46. Jg., 6/96, S. 207-212.
- BOLLMANN, J. (2000): Kartographische Generalisierung und gedankliche Abstraktion in der Bildschirmkommunikation. In: Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft Nr. 52, Festschrift für Fritz Kelnhofer zum 60. Geburtstag, TU Wien, S. 13-21.
- BOLLMANN, J. & KOCH, W.G. (Hrsg.) (2002): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg - Berlin.
- BUCHROITHNER, M.F. (2007): Echtdreidimensionalität in der Kartographie: Gestern, heute und morgen. In: Kartographische Nachrichten 5/07, S. 239-248.
- BRAMBRING, M. (1975): Geographische Informationen für Blinde. Berichte aus dem Fachbereich Psychologie der Philipps-Universität Marburg/Lahn, Nr. 50.
- BRAMBRING, M. (1977): Geographische Informationen für Blinde. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 1, S. 1-20, 1977.
- BRAMBRING, M. (1979): Blindenverkehrsführungssystem - Entwicklung eines integrierten Orientierungs- und Führungssystems für Sehbehinderte im Verkehr. 1. Zwischenbericht, Marburg 1979.
- BRAMBRING, M. & LAUFENBERG, W. (1979): Konstruktion und Komplexität taktiler Landkarten für Blinde. Fachbereich Psychologie, Universität Marburg.
- BRAMBRING, M. & WEBER, C. (1981): Taktile, verbale und motorische Informationen zur geographischen Orientierung Blinder. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, 1981, Band XXIII, Heft 1, S. 23-37.

- BROCKHAUS (1996): Stichwort: Struktur. Brockhaus - die Enzyklopädie in vierundzwanzig Bänden, Zwanzigste überarbeitete Auflage, F.A. Brockhaus Leipzig-Mannheim, 1996, Band 21, S. 283.
- BRUCKER, A. (Hrsg.) (1986): Handbuch Medien im Geographie-Unterricht. Schwann Verlag, Düsseldorf.
- BÜSCH, A. (2002): Vorlesungsfolien "Medienpädagogik und Kommunikationswissenschaft". Katholische Fachhochschule Mainz.
- BUZIEK, G (1995): Kartographische Visualisierung von Geo-Daten unter Berücksichtigung moderner technischer Entwicklungen. In: BUZIEK, G. (1995) (Hrsg.): GIS in Forschung und Praxis. Stuttgart, S. 234-250.
- BUZIEK, G (1997): The Design Of A Cartographic Animation - Experiences And Results. Proceedings of ICC 1997, Volume 3, Stockholm.
- BUTWILOWSKI, W. (1998): Geomorphologische Kartierung: neuer Ansatz - neue Ergebnisse. In: Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 1, Dresden, S. 7-22.
- BUTWILOWSKI, W. (2000): Über den kartographischen Ansatz in Geowissenschaften: Überlegung des Kartennutzers. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 3, Dresden, S. 5-12.

## C

- COULSON, M.R.C., RIEGER, M. & WHEATE, R. (1991): Progress in creating tactile maps from Geographic Information Systems (G.I.S.) output. Proceedings, The 15th ICA Conference Mapping the Nations, Vol. 1, S. 167-174, Bournemouth.
- COULSON, M.R.C. & RIEGER, M. (1995): Taktile interpretation of maps from Geographic Information Systems: Developing Experience and Confidence in blind users. Proceedings, The 17th International Cartographic Conference, ICC Barcelona, Vol. 1, S. 300.

## D

- DALE, E. (1954): Erfahrungskegel von EDGAR DALE (1954), zitiert nach TULODZIECKI, G. (1997): Medien in Erziehung und Bildung. 3. Auflage, Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 57.
- DICKMANN, F. (2004): Einsatzmöglichkeiten neuer Informationstechnologien für die Aufbereitung und Vermittlung geographischer Informationen – das Beispiel kartengestützte Online-Systeme. In: Göttinger Geographische Abhandlungen, Heft 112. Hrsg. vom Vorstand des Geographischen Institutes der Universität Göttingen.
- DUDEN (1995): Das große Wörterbuch der deutschen Sprache in acht Bänden, Bd. 1, S. 229.
- DRANSCH (1995): Temporale und nontemporale Computeranimation in der Kartographie. Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen: Reihe C, Kartographie, Bd. 15. Freie Universität Berlin.
- DRANSCH, D. (1997): Computer-Animation in der Kartographie - Theorie und Praxis. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York.
- DRANSCH, D. (1997): Funktionen der Medien bei der Visualisierung georäumlicher Daten. [http://gio.uni-muenster.de\\_geoinformatik\\_online\\_3/97](http://gio.uni-muenster.de_geoinformatik_online_3/97).

## E

- ECO, U. (1972): Einführung in die Semiotik. Autorisierte deutsche Ausgabe von Jürgen Trabant, (7. unveränderte Auflage 1991), Wilhelm Fink Verlag München.
- EDWARDS, R., UNGAR, S. & BLADES, M. (1998): Route Description by Visually Impaired and Sighted Children from Memory and from Maps. Journal of Visual Impairment and Blindness.
- ESPINOSA, A., UNGAR, S., OCHAÍTA, E., BLADES, M. & SPENCER, C. (1998): Comparing methods for introducing blind and visually impaired people to unfamiliar urban environments. Journal of Environmental Psychology, Nr. 18, S. 277-287.

## F

- FAULSTICH, W. (Hrsg.) (1998): Grundwissen Medien. Wilhelm Fink Verlag GmbH & Co., 3. vollst. und stark erweiterte Auflage, KG, München 1998.
- FOULKE, E. & HATLEN, P.H. (1992): A collaboration of two technologies. Part 1: Perceptual and cognitive processes: their implications for visually impaired persons. British Journal of Visual Impairment, Nr. 10, S. 43-46.
- FRANKS, F.L. & NOLAN, C.Y. (1971): Measuring Geographical Concept Attainment in Visually Handicapped Students. Education of the Visually Handicapped 3, 1971, S. 11-17.
- FREITAG, U. (1971): Semiotik und Kartographie. In: Kartographische Nachrichten, 21. Jg., 5/71, S. 171-182.
- FREITAG, U. (1985): Stand und Aufgaben der Kartographie. Geographische Rundschau 37, S. 471-476.
- FREITAG, U. (1991): Kartographische Konzeptionen. Beiträge zur theoretischen und praktischen Kartographie, 1961 – 1991. In: Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen: Reihe C, Kartographie, Band 13.

- FREITAG, U. (1993): Five selected main theoretical issues facing Cartography – 1. Map Functions. Report of the ICA-Working Group, 16th ICA Conference-Cologne 1993. & in: Map Functions. Cartographica 30, No. 4, S. 1-6.
- FREITAG, U. (1996): Foundation and Development of Cartosemiotics. In: International Conference of Semiotics, Abstracts. Amsterdam, S. 41.
- FREITAG, U. (2000): Die Entwicklung der Theorie der Kartographie. In: Kartographische Bausteine (KB) 19, Institut für Kartographie, TU Dresden.
- FREITAG, U. (2004): Kartographische Maßstäbe. Aspekte der Kartographie im Wandel der Zeit, Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 16, Wien, S. 159-173.
- FRICKE, J. (1995): Vergleich zwischen realen und virtuellen Graphikdisplays. In: Taktile Medien, Kolloquium über tastbare Abbildungen für Blinde, Tagungsband, Dresden, S. 55-61.
- FROMM, W. (1995): Grundzüge taktilen Erkennens und taktilen Darstellens. In: Taktile Medien, Kolloquium über tastbare Abbildungen für Blinde, Tagungsband, Dresden, S. 23-31.

## G

- GAEBLER, V. (1979): Zum Gebrauchswert kartographischer Darstellungen. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 2/79, S. 127-134.
- GEIGER, ST. (2001): Untersuchung zur Herstellung und Nutzung thematischer Karten mit Hilfe eines audio-taktilen Systems. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, (unveröffentlicht).
- GOLLEDGE, R. (1991): Tactual strip maps as navigational aids. In: Journal of Visual Impairment and Blindness, Nr. 85, S. 296-301.
- GOLLEDGE, R. (1999): Multi-modal User Interfaces. Vice-president column, AAG Newsletter, May 1999. <http://www.immerse.ucalgary.ca/press/news.htm#AAGVP>.
- GROBER, K. (1985): Der Ausdrucksgrad kartographischer Darstellungen - Implizite und explizite Gestaltungskonzeption. Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der DDR, Band 18, S. 314-322.
- GROBER, K. (1991): Kartographische Semiotik und kartographische Expertensysteme. Kartosemiotik 1, Internationales Korrespondenzseminar, TU Dresden, Institut für Kartographie, S. 7-16.

## H

- HÄCKER, H. & STAPF, F. (Hrsg.) (2004): DORSCH psychologisches Wörterbuch. 14. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag Hans Huber, Bern.
- HAKE, G. (1973): Kartographie und Kommunikation. In: Kartographische Nachrichten 23/4, S. 137-148.
- HAKE, G. (1984): Kartographie I. Walter de Gruyter, New York, Berlin.
- HAKE, G. & GRÜNREICH, D. (1994): Kartographie. 7. Auflage, Walter de Gruyter & Co, Berlin, New York.
- HAKE, G., GRÜNREICH, D. & MENG, L. (2002): Kartographie. 8. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- HANTZSCH, B. (1998): Audio-taktile Dialogsysteme. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, (unveröffentlicht).
- HEIDIG, U. (1997): Untersuchungen zur Optimierung der Gestaltung von Blindenkarten vom Gebiet der TU Dresden und Konzipierung eines audio-taktilen Dialogsystems. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, (unveröffentlicht).
- HEIDMANN, F. (1999): Aufgaben- und nutzerorientierte Unterstützung kartographischer Kommunikationsprozesse durch Arbeitsgraphik. Dissertation, Universität Trier, GCA-Verlag.
- HEINRICH, K. (2003): Entwicklung und Bedeutung des Medienbegriffes in der Kartographie. Studienarbeit, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, (unveröffentlicht).
- HELIOS, D. (2001): Handbuch zur Erstellung taktiler Graphiken. Universität Karlsruhe (TH), Studienzentrum für Sehgeschädigte, Dritte Auflage.
- HERZOG, W. (1986): Zum Kartenverständnis des Bürgers - Ein Beitrag zur empirischen Planungskartographie. In: Kartographische Nachrichten 6/86, S. 210-217.
- HERZOG, W. (1988): "Kartographische Darstellungen", eine terminologische Diskussion. In: Kartographische Nachrichten 2/88, S. 72-77.
- HERZOG, W. (1992): Kartennutzung als Teilgebiet der Kartographie: Ausbildungsthema im Diplomstudiengang Geographie-Kartographie. In: Kartographische Nachrichten 6/92, S. 218-225.
- HOFFMANN, M. (2004): Peirces Zeichenbegriff: seine Funktionen, seine phänomenologische Grundlegung und seine Differenzierung. Homepage des GDM-Arbeitskreises "Semiotik in der Mathematikdidaktik".
- HOLMES, E. & ARDITI, A. (1996): Paths or walls? Designing tactile maps of building interiors. Proceedings ICA Commission on Maps and Graphics for Blind and Visually Impaired People, Ljubljana/Slovenia.

- HUDEMAYER, H. (1986): Taktile Mobilitätspläne für Sehgeschädigte - Ein Leitfaden. Marburger Blindenstudienanstalt, Verlag Taktile Medien.
- HÜTHER, J. & SCHORB, B. (Hrsg.) (1981): Grundbegriffe der Medienpädagogik. Medien und Bildung, expert Verlag.

## J

- JACOBSON, R.D. (2002): Representing Spatial Information Through Multimodal Interfaces: Overview and Preliminary Results in Non-visual Interfaces. 6th International Conference on Information Visualization: Symposium on Spatial/Geographic Data Visualization, IEEE Proceedings, London, 10-12 July, 2002, S. 730-734.
- JAMES, G. (1973): Problems of orientation and navigation in blind mobility with special reference to maps. Ph.D. Thesis, University Nottingham, 1973.
- JAMES, G.A. & GILL, J.M. (1972): Recent Development in the Production and Design of Tactual Maps and Diagrams in the United Kingdom. International Council of Educators of Blind Youth, Madrid 1972, S. 295-301.
- JENSCH, G. (1970): Die Erde und ihre Darstellung im Kartenbild. Reihe: Das geographische Seminar. Verlag Westermann, Braunschweig.
- JUURMAA, J. & LEHTINEN-RAILO, S. (1994): Visual experience and access to spatial knowledge. Journal of Visual Impairment & Blindness, Nr. 88, S. 157-170.

## K

- KAWAI, Y. & TOMITA, F. (1996): Interactive Tactile Display System - A Support System for the Visually Disabled to Recognize 3D Objects. ASSETS'96, S. 45-50.
- KELNHOFER, F. (1971): Beiträge zur Systematik und allgeinen Strukturlehre der thematischen Kartographie. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Hermann Böhlau Nachf., Wien-Köln-Graz.
- KIDWELL, A.M. & GREER, S. (1973): Sites perception and the non visual experience - Designing and manufacturing mobility maps. American Foundation of the Blind, New York.
- KIEFNER, H. (1972): Stadtpläne für Blinde - Bedeutung und Möglichkeiten. Stadtkartographie, 9. Arbeitskurs Niederdollendorf, S. 167-178.
- KINZEL, K. (1995): Untersuchung gestalterischer und technischer Aspekte der Herstellung und Nutzung von Karten für Blinde und Sehbehinderte. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, (unveröffentlicht).
- KISH, D. (2004): Echoortung mit elektrischen Tönen Team Bat. World Access for the blind. [http://www.DasErste.de-W wie Wissen-Orientierung mit den Ohren.htm](http://www.DasErste.de-W_wie_Wissen-Orientierung_mit_den_Ohren.htm). Sendung vom 08.09.2004 oder: <http://www.woldaccessfortheblind.org>.
- KLAUS, K & BUHR, M. (Hrsg.) (1974): Wörterbuch der Philosophie, Reinbeck. Bd. 2, S. 1220.
- KOCH, W.G. (1985): Zur Erforschung von Gesetzmäßigkeiten der visuellen Kartenbelastung. Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der DDR, Band 18, S. 328-335.
- KOCH, W.G. (1989): Experimentelle Kartographie. In: Vermessungstechnik 37, S. 362-365.
- KOCH, W.G. (1990): Empirische Methoden zur Erhöhung der Nutzungseffektivität von thematischen Karten für die Planung. In: Vermessungstechnik 38, S. 346-348.
- KOCH, W.G. (1995): Aspekte kartographischer Aktivitäten zu taktilen Medien. In: Taktile Medien, Kolloquium über tastbare Abbildungen für Blinde, Tagungsband, Dresden, S. 101-108.
- KOCH, W.G. (1996): Kolloquium zu taktilen Karten und Grafiken in Freital. Kartographische Nachrichten, 46. Jg., 3/96, S. 102-103.
- KOCH, W.G. (1997 a): A Classification system for tactile maps. Proceedings Volume 1, The 18th International Cartographic Conference, ICC 1997, Stockholm, S. 404-413.
- KOCH, W.G. (1997 b): Kartographische Kommunikation und Sprachkommunikation. Studententext zur Vorlesung Theoretische Kartographie.
- KOCH, W.G. (1998): Zum Wesen der Begriffe Zeichen, Signatur und Symbol in der Kartographie. In: Kartographische Nachrichten, 48. Jg., 3/98, S. 89-96.
- KOCH, W.G. (1999 a): Comments on the development and the current tasks of cartographic semiotics in the German Language area. & Bibliography of cartosemiotic literature published in the German-speaking area (Germany, Austria, Switzerland) 1970-1997. In: SCHLICHTMANN (1999): Map Semiotics around the world. International Cartographic Association, University of Regina, Regina. S. 87-108.
- KOCH, W.G. (1999 b): Kartographische Informationen tasten und hören - Orientierungshilfsmittel für Blinde. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden, 48.
- KOCH, W.G. (2000): Kartengestaltende Variablen - Entwicklungslinien und ihr Ergänzung im multimedialen Umfeld. In: Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft Nr. 52, Festschrift für Fritz Kelnhofer zum 60. Geburtstag, TU Wien, S. 72-82.

- KOCH, W.G., BUCHROITHNER, M.F. & WILFERT, I. (1997): Der Studiengang Kartographie an der TU Dresden in der Mitte der neunziger Jahre. . In: Kartographische Nachrichten, 47. Jg., 1/97, S. 6-13.
- KOCH, W.G. & HEIDIG, U. (1997): An audio-tactile dialogue system as a further development of the tactile campus map of the University of Dresden.
- KOCH, W.G. & LIEBMANN, A. (1995): Tactile Campus maps for visually handicapped students. Proceedings, The 17th International Cartographic Conference, ICC Barcelona, Vol. 2, S. 1863-1870.
- KOCH, W.G. & LÖTZSCH, J. (1996): Speaking Maps and Atlases for the Blind -Theoretical Discussion and Practical Experiences-. Proceedings ICA Commission on Maps and Graphics for Blind and Visually Impaired People. Ljubljana/Slovenia.
- KOLÁČNY, A. (1970): Kartographische Information – Ein Grundbegriff und ein Grundterminus in der modernen Kartographie. In: Internationales Jahrbuch für Kartographie, X, 1970, S. 186-192.
- KOWANDA, A. (1990): Die Elemente der kartographischen Modellbildung im AKS. Dissertation, Fakultät für Bau-, Wasser- und Forstwesen des Wissenschaftlichen Rates der TU Dresden.
- KRYGIER, J.B. (1994): Sound and geographic visualization. In: MACEACHREN, A.M.; TAYLOR, D.R.F. (eds) Visualisation in modern cartography. Oxford, S.149-166.
- KRUEGER, M.W. & GILDEN, D. (1997): KnowWhere™: An Audio/Spatial Interface for Blind People. Proceedings ICAD `97, Xerox PARC, USA, 1997: Xerox.
- KRZYWICKA-BLUM, E. (1995): Sound map as a way to topological recognition of reality for the blind. Proceedings, 17th International Cartographic Conference, ICC Barcelona, Vol. 2, S. 2526-2529.

## L

- LAPIERRE, CH. (1998): Personal Navigation System for the Visually Impaired. Thesis for the degree: Master of Engineering. Carleton University. Zusammenfassung bei: [www.arkenstone.org](http://www.arkenstone.org).
- LAUFENBERG, W.: 'Euro-Town-Kit' vor der Fertigstellung – Ein Bausatz einheitlicher Symbole für die Herstellung von Stadtplänen für Sehgeschädigte. In: Horus. Marburger Beiträge zur Integration Blinder und Sehbehinderter. 50, 1988, 2, S. 88-90.
- LAUFENBERG, W. & LÖTZSCH, J. (1995): Taktile Medien – Kolloquium über tastbare Abbildungen für Blinde. Tagungsband, TU Dresden.
- LECHTHALER, M. (2000): Visionen werden Realität - sie verlangen nicht, das alte Wissen aufzugeben. In: Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft Nr. 52, Festschrift für Fritz Kelnhofer zum 60. Geburtstag, TU Wien, S. 83-95.
- LECHTHALER, M. (2003): Neue Herausforderungen an die Kartosemiotik? Vom Georaum zum Karten(raum) und zurück. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 6, Dresden, S. 14-26.
- LEHMANN, E. (1985): Zur Wechselbeziehung zwischen Geographie und thematischer Kartographie. Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der DDR, Band 18, S. 11-17.
- LEHMANN, K. (1990): Handbuch des taktilen Kartenbaus. Forschungsbericht Sozialforschung 196, Hamburg.
- LEONARD, J. & NEWMAN, R.C. (1970): A comparison of three types of portable route "maps" for blind travel. Ergonomics, No. 13, 1970, S. 165-179.
- LIEBMANN, A. (1993): Untersuchung von Karten für Sehgeschädigte. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, (unveröffentlicht).
- LÖTZSCH, J. (1992): Handbuch AUDIO TOUCH. Arbeitsstelle Innovative Techniken, Blinden- und Sehbehindertenverband Sachsen, Dresden.
- LÖTZSCH, J. (1994): Computer aided access to tactile graphics for the Blind. In: ZAGLER/BUSBY/WAGNER: "Computers for Handicapped Persons", Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference in Vienna, Austria, Lecture Notes in Computer Science 860, S. 575-581, Berlin, Springer Verlag.
- LÖTZSCH, J. (1995): Computergestützte Techniken für Blinde zur Anwendung in Bildung und Kultur. Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik Wachwitzblick 4.
- LÖTZSCH, J. (1996): Von audio-taktilen Graphiken zu interaktiven 3D-Modellen. Taktile Medien – Kolloquium über tastbare Abbildungen für Blinde, Tagungsband, Dresden, S. 130-136.
- LÖTZSCH, J. (2002): Computergestützte Techniken für Blinde zur Anwendung in Bildung und Kultur. Konferenzband EVA 2002, Berlin, S. 51-58.

## M

- MACEACHREN, A.M. (1995): How Maps Work. The Guilford Press, New York, London.
- MACK, D. (1999 a): Entwicklung eines Farbsystems zur Anwendung in Karten für Sehgeschädigte. Studienarbeit, TU Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, (unveröffentlicht).
- MACK, D. (1999 b): Untersuchungen zu einem taktilen Atlas von Schweden. Diplomarbeit, TU Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, (unveröffentlicht).

- MANG, R. (2000): Entscheidungsmittel "Karte". In: Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft Nr. 52, Festschrift für Fritz Kelnhofer zum 60. Geburtstag, TU Wien, S. 96-105.
- MAUCHER, T., SCHEMMELE, J. & MEIER, K. (2000): The Heidelberg Tactile Vision Substitution System. 6th International Conference on Tactile Aids, Hearing and Cochlear Implants ISA 2000.
- MENG, L. (2002): Personalisierung der Kartenherstellung und Mobilität der Kartennutzung. Internetveröffentlichung.
- MENG, L. (2003): About the emotional requirements of map users. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 6, Dresden, S. 27-34.
- MESSERSCHMIDT, K. (1951): Welche Anforderungen sind an das blindengemäße Lehrmittel zu stellen? 21. Blindenkongreß, Hannover 1951, S. 54-74.
- METEC INGENIEUR AG (2001): Braille-Großdisplay DMD 120060.
- MOHR, M. (1993): Langzeitgedächtnisleistungen blinder Erwachsener in Abhängigkeit von der Gestaltung taktiler Pläne und persönlichen spezifischen Merkmalen. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät für Naturwissenschaften und Mathematik, (unveröffentlicht).
- MICHAEL, R. (2000): Interaktiver Layoutentwurf für individuelle taktile Karten. Aachen - Shaker Verlag (Berichte aus der Informatik) [Zugl.: Dissertation, Otto-von-Güricke Universität Magdeburg, Fakultät für Informatik].
- MÖLLER, H. (1985): Probleme und Möglichkeiten des Einsatzes von taktilen Medien im Orientierungs- und Mobilitätsunterricht. FBP, Philipps-Universität Marburg/Lahn.
- MÖLLER, H. (1991): Neue Anforderungen und Entwicklungen bei Orientierungsplänen für Sehgeschädigte. Kartographische Nachrichten, 41. Jg., 3/91, S. 103-110.
- MONTELLO, D.R. (1998): Kartenverstehen: Die Sicht der Kognitionspsychologie. Zeitschrift für Semiotik, Band 20, Heft 1-2, Stauffenburg Verlag Tübingen.
- MORRIS, C.W. (1972): Grundlagen der Zeichentheorie. München.
- MORRIS, C.W. (1988): Grundlagen der Zeichentheorie, Ästhetik der Zeichentheorie. Fischer Taschenbuchverlag, Frankfurt am Main.
- MÜLLER, A. (2000): Nutzerunterstützung in elektronischen, kartographischen Medien. Dissertation, Universität Trier, Fachbereich Geographie/Geowissenschaften.
- MÜLLER, M. (1991): Geometrische Genauigkeit topographischer Karten – Modelltheoretische Grundlagen zur geometrisch-graphischen Generalisierung. Dissertation, Fakultät für Bau-, Wasser- und Forstwesen des Wissenschaftlichen Rates der TU Dresden.

## N

- NIST (2002): NIST 'Pins' Down Imaging System for the Blind. [http://www.nist.gov/public\\_affairs/factsheet/visualsemantics.htm](http://www.nist.gov/public_affairs/factsheet/visualsemantics.htm).
- NIEBLING (1995): Über die Nutzung von AUDIO TOUCH in der Schule. Taktile Medien, Kolloquium über tastbare Abbildungen für Blinde, Tagungsband, Dresden, S. 68.
- NOLAN, C.Y & MORRIS, J. (1971): Improvement of Tactual Symbols for Blind Children: Final Report. Louisville/Kentucky 1971.
- NÖTH, W. (1985): Handbuch der Semiotik. Verlag J.B. Metzler, Stuttgart, Weimar.
- NÖTH, W. (1994): Allgemeine Semiotik und Kartosemiotik. Kartosemiotik 5, Internationales Korrespondenzseminar, TU Dresden, Institut für Kartographie, S. 7-21.
- NÖTH, W. (1998): Kartosemiotik und das kartographische Zeichen. Zeitschrift für Semiotik, Stauffenburg Verlag Tübingen, Band 20, Heft 1-2, S. 25-39.
- NÖTH, W. (2000): Handbuch der Semiotik. Verlag J.B. Metzler, Stuttgart, Weimar.

## O

- OCHA'TA, E. & HUERTAS, J.A. (1993): Spatial representation by persons who are blind: A study of the effects of learning and development. Journal of Visual Impairment and Blindness, Nr. 87, S. 37-41.
- OGRISSEK, R. (1972): Zum Problem des Gebrauchswertes von thematischen Karten. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 1972, S. 277.
- OGRISSEK, R. (1974 a): Determinierende Faktoren in der kartographischen Kommunikationskette. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 2/74, S. 150-152.
- OGRISSEK, R. (1974 b): Kartographische Kommunikation und Sprachkommunikation - Ein Beitrag zur Theorie der kartographischen Information. Papier und Druck, H. 1, S. F42-F44.
- OGRISSEK, R. (1978): Zur Funktion des Gedächtnisses bei der Dekodierung kartographischer Informationen - Bedeutung und Aufgaben seiner psychologischen Erforschung. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 4/78, S. 261-267.
- OGRISSEK, R. (1980 a): Kartenklassifikation und analoge kartographische Terminologie in Theorie und Praxis. In: Petermanns Geographische Mitteilungen 1/80, S. 75-81.

- OGRISSEK, R. (1980 b): Prinzipien und Möglichkeiten der Anwendung von Modellklassifikationen bei kartographischen Darstellungsformen und kartographische Terminologie. *Geographie, Kartographie, Umweltforschung*, Edgar Lehmann zum 75. Geburtstag, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften der DDR, Akademie-Verlag Berlin.
- OGRISSEK, R. (1982): Nutzung kartographischer Modelle und Struktur des Erkenntnisprozesses. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 2/82, S. 127-131.
- OGRISSEK, R. (Hrsg.) (1983): *ABC Kartenkunde*. VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig.
- OGRISSEK, R. (1987): *Theoretische Kartographie*. Studienbücherei Kartographie, Band 1, VEB Hermann Haack, Gotha.
- OKA, C.M. & DE SENA, C.C.R. (2001): The production and use of tactile maps in Sao Paulo, Brazil - an overview and perspectives. *Proceedings, The 20th International Cartographic Conference, ICC 2001, Beijing, China, Vol. 5, S. 2924-2931*.

**P**

- PAEFGEN, I. (2003): *Blindenmonitor macht Bilder fühlbar*. Bundesverwaltungsamt, Info 1732, Februar 2003.
- PAPAY, G. (1972): Definition der kartographischen Darstellungsformen. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 2/72, S. 153-157.
- PAPAY, G. (1973): Funktion der kartographischen Darstellungsformen. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 3/73, S. 234-239.
- PAPAY, G. (1980): Diskussion von allgemeinen Objektbegriffen der kartographischen Darstellung nach der Häufigkeit ihrer Verwendung und nach semantischen Aspekten. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 1/80, S. 83-91.
- PARKES, D. (1988): Nomad, an audio tactile tool for the acquisition, use and management of spatially distributed information by visually impaired people. In: TATHAM (ed.), *Proceedings of the "Second International Symposium on Maps and Graphics for Visually Handicapped People"*, A.F.&Dodds, London 1988.
- PARKES, D. (1996): *The Graphics Solution*. *Proceedings ICA Commission on Maps and Graphics for Blind and Visually Impaired People*. Ljubljana/Slovenia.
- PARKES, D. (1998): Tactile Audio Tools for Graphicacy Mobility "A circle is either a circle or it is not a circle". *British Journal of Visual Impairment*, No. 16.
- PARKES, D. (1998):
- PERKINS, Ch., GARDINER, A.: "What I really really want .....": how visually impaired people can improve tactile map design. In: *Proceedings, The 18th International Cartographic Conference, ICC 97, Stockholm 23-27 June 1997. - Gävle 1997, Vol. 2, S. 1159-1166*.
- PODSCHADLI, E. (1981): Die Blindenkarte von Hannover. *Kartographische Nachrichten*, 6/81, S. 206-212.
- PODSCHADLI, E. (1984): *Taktile Karten für Blinde und Sehbehinderte*. Deutsche Gesellschaft für Kartographie, Sonderdruck aus dem Tagungsführer der 3. Dreiländertagung 1984.
- PODSCHADLI, E. (1986): *Blindenkarten und ihre Herstellung*. *Kartographische Miniaturen*, Nr. 8, S. 7-51, Verlag Kiepert KG.
- PODSCHADLI, E. (1987): *Maps for the Blind and Methods of their Production*. 13th International Conference on Cartography, ICA Morelia, Mexico, 1987, S. 229-244.
- PODSCHADLI, E. (1988): *Tastbare Karten, Atlanten und Globen*. In: *Kartographische Nachrichten*, 38. Jg., Bonn, S. 47-54.
- PRELL, K.M. (1983): *Informationswiedergabe in topographischen Karten. Ein Beitrag zur theoretischen Fundierung kartographischer Ausdrucksformen unter besonderer Berücksichtigung der Siedlungsdarstellung*. Dissertation, Friedrichs - Wilhelms - Universität Bonn.
- PRAVDA, J. (1984): *Die kartographische Ausdrucksform aus der Sicht der Sprachtheorie*. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 2/84, S. 161-169.

**R**

- RATAJSKI, L. (1973): *Metodyka Kartografi Spoleczno-Gospodarczej*. Warszaw.
- RATAJSKI, L. (1976): *Cartology, is developed concept*. *The Polish Cartography*, S. 7-23.
- RATAJSKI, L. (1977): *Loss and Gain of Information in Cartographic Communication*. Beiträge zur theoretischen Kartographie, Festschrift für Erik Arnberger.
- RIEGER, K. (2002): *Entwicklung eines Sehersatzsystemes für Blinde in Form eines microcontroller-gesteuerten taktilen Displays mit hoher Bildauflösung*. Diplomarbeit, Fakultät für Physik und Astronomie, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- RIEGER, K. (2004): *Die Entstehung von SeebyTouch*. <http://see-by-touch.sourceforge.net/entstehung.html#projekt>.
- RIESER, J.J., GUTH, D.A. & HILL, E.W. (1986): *Sensitivity to perspective structure while walking without vision*. *Perception*, 15, S. 173-188.

## S

- SARGES, W. & FRICKE, R. (1986): Psychologie für die Erwachsenenbildung - Weiterbildung. Verlag für Psychologie Dr. C. J. Hogrethe, Göttingen, Toronto, Zürich.
- SCHAFF, A. (1969): Einführung in die Semantik. Europäische Verlagsanstalt, Frankfurt, Europa Verlag, Wien.
- SCHÄNZER (1995-1999): <http://www.ElektronischerBlindenhundausGraz.htm>.
- SCHLICHTMANN, H. (1985): Characteristic Traits of the Semiotic System "Map Symbolism". The Cartographic Journal, 22. Jg., 1/85, S. 23-30.
- SCHLICHTMANN, H. (1991): Zur kartographischen Semiotik und zur Kartensprache. Kartosemiotik 1, Internationales Korrespondenzseminar, TU Dresden, Institut für Kartographie, S. 39-48.
- SCHLICHTMANN, H. (1994): Skizze der lokalen Syntax in Karten. Kartosemiotik 5, Internationales Korrespondenzseminar, TU Dresden, Institut für Kartographie, S. 37-42.
- SCHLICHTMANN, H. (1995): Grundrissbilder in Karten – Ein Problem der Zeichenbildung. Kartosemiotik 6, Internationales Korrespondenzseminar, TU Dresden, Institut für Kartographie, S. 17-27.
- SCHLICHTMANN, H. (1998): Kartieren als Zeichenprozeß. Zeitschrift für Semiotik, Band 20, Heft 1-2, Stauffenburg Verlag Tübingen.
- SCHLICHTMANN, H. (1999): Map Semiotics around the world. International Cartographic Association, University of Regina, Regina.
- SCHMAUKS, D. (1994): Skizze der lokalen Syntax in Karten. Kartosemiotik 5, Internationales Korrespondenzseminar, TU Dresden, Institut für Kartographie.
- SCHMAUKS, D. (1998 a): Zu taktilen Raumdarstellungen. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 1, Dresden, S. 31-42.
- SCHMAUKS, D. (1998 b): Landkarten als synoptisches Medium. Zeitschrift für Semiotik, Band 20, Heft 1-2, S. 7-24, Stauffenburg Verlag Tübingen.
- SCHNEIDER, J. (2000): Constructing the yellow brick road: Route Bricks on virtual tactile Maps. Proc. International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP) 2000, Univ. of Karlsruhe, Germany, July 17-21, 2000. Wien: Österreichische Computer Gesellschaft, S. 641-648.
- SCHNEIDER, J. (2001): Konstruktive Exploration räumlicher Daten. Dissertation, Fakultät für Informatik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- SCHNEIDER, J. & STROTHOTTE, T. (2001): Virtuelle taktile Karten - digitale Stadtpläne für Blinde. Institut für Simulation und Graphik. Fakultät für Informatik. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- SCHÖNRICH, G. (1999): Semiotik zur Einführung. Junius Verlag GmbH, Hamburg.
- SEEBYTOUCH: Das virtuelle taktile Display SeeByTouch. <http://www.see-by-touch.sourceforge.net>.
- SHINOHARA, M., SHIMIZU, Y. & MOCHIZUKI, A. (1998): Three-Dimensional Tactile Display for the Blind. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, Vol. 6, No. 3, September 1998.
- SIEKIERSKA, E. & LABELLE, R. (2001): Tactile Mapping Project at Canadian Federal Mapping Agency - Mapping Services Branch. Proceedings, The 20th International Cartographic Conference, ICC 2001, Beijing, China, Vol. 5, S. 2932-2942.
- SPERLING, W. (1982): Kartographische Didaktik und Kommunikation. In: Kartographische Nachrichten 1/82, S. 5-15.
- SPIERING, T. & OSTERTAG, H.-P. (1975): Unterrichtsmedien. Workshop 15, Verlag Maier, Ravensburg.
- SPIESS, E. (1970): Eigenschaften von Kombinationen graphischer Variablen. Sonderdruck aus Sonderband der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Grundsatzfragen der Kartographie.
- STAMS, W. (1993): Amt, Burg und Stadt Stolpen in alten Karten und Plänen. Radebeul 1993, unveröffentlichtes Manuskript.
- STAMS, W. (1998): Zur Einführung – Kartenmaßstab, dargestelltes Gebiet und Kartenaussage. In: Sachsen im Kartenbild. Stolpen, 1989, S. 6.
- STEURER, Ch. (1989): Grundlagen für ein Wissenschaftstheoretisches Strukturkonzept zur Kartographie als Wissenschaft unter Modelltheoretischen Aspekten. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Institut für Kartographie, Berichte und Informationen, Nr. 11.
- SUMMERS, I.R., CHANTER, C.M., SOUTHALL, A.L. & BRADY, A.C. (2000): Results from a Tactile Array on the Fingertip. International Sensory Aids Conference 2000, S. 42-44.
- SÜNKEL, W. (1996): Phänomenologie des Unterrichts – Grundriß der theoretischen Didaktik. Beiträge zur pädagogischen Grundlagenforschung, Juventa Verlag, Weinheim und München.

## T

- TACIS (1997): TACIS. FRANK AUDIODATA: [www.audiodata.de](http://www.audiodata.de).
- TANG, H. & BEEBE, D.J. (1998): A Microfabricated Electrostatic Haptic Display for Persons with Visual Impairments. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, Vol. 6, No. 3, September 1998.

- TATHAM, A.F. (1991): The design of tactile maps: theoretical and practical considerations. Mapping the nations: Proceedings of the 15th International Cartographic Conference, Vol. 1, S. 157-166.
- TATHAM, A.F. (1995): Cartography crossing sensory borders. Proceedings, The 17th International Cartographic Conference, Barcelona, Vol. 1, S. 1355-1364.
- TATHAM, A.F. (1999): Tactile map design using found materials. Proceedings, The 19th International Cartographic Conference, Ottawa ICA / ACI 1999.
- TATHAM, A.F. (2001): Achievable Goal or Chimaera? Standardisation in tactile mapping. Proceedings, The 20th International Cartographic Conference, ICC 2001, Beijing, China, Vol. 5, S. 2923.
- TAYLOR, D.R.F. (2001): Tactile Atlas of Latin America. Proceedings, The 20th International Cartographic Conference, ICC 2001, Beijing, China, Vol. 5, S. 2894-2898.
- TAYLOR, P.M., HOSSEINI-SIANAKI, A. & VARLEY, C.J. (1996): An Electrorheological Fluid-based Tactile Array for Virtual Environments. Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Minneapolis, Minnesota - April 1996.
- TIM: Taktiles Interaktions Monitor - Monitor für Blinde. <http://www.abtim.com>.
- TÖPFER, F. (1976): Kartographische Generalisierung. Gotha/Leipzig.
- TRABANT, J. (1996): Elemente der Semiotik. A. Franke Verlag Tübingen und Basel.
- TREKKER™ 2.6: [http://www.Trekker - GPS Orientation Solutions.htm](http://www.Trekker-GPS-Orientation-Solutions.htm).
- TREKKER™: <http://www.papenmeier.de/reha/reha.htm>.
- TULODZIECKI, G. (1997): Medien in Erziehung und Bildung. 3. Auflage, Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

## U

- UÇAR, D. (1979): Kommunikationstheoretische Aspekte der Informationsübertragung mittels Karten. Dissertation. Hohe Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.
- UÇAR, D. (1993): A semiotical approach to topology of the map signs. In: 16<sup>th</sup> International Cartographic Conference, Proceedings, Vol. 2, Köln 1993, S. 768-781.
- UNGAR, S. (1996): Effects of Orientation on Braille Reading by Blind and Visually Impaired People: the Role of Context. Journal of Visual Impairment and Blindness, Nr. 90.
- UNGAR, S., BLADES, M. & SPENCER, C. (1993): The role of tactile maps in mobility training. British Journal of Visual Impairment, Nr. 11, S. 59-62.
- UNGAR, S., BLADES, M. & SPENCER, C. (1994): Can visually impaired children use tactile maps to estimate directions. Journal of Visual Impairment and Blindness, Nr. 88, S. 221-233.
- UNGAR, S., BLADES, M. & SPENCER, C. (1995): Visually impaired children's strategies for memorizing a map. British Journal of Visual Impairment, Nr. 13, S. 27-32.
- UNGAR, S., BLADES, M. & SPENCER, C. (1996): The ability of visually impaired children to locate themselves on a tactile map. Journal of Visual Impairment and Blindness, Nr. 90, S. 526-535.
- UNGAR, S., BLADES, M. & SPENCER, C. (1997): Teaching visually impaired children to make distance judgements from a tactile map. Journal of Visual Impairment and Blindness, Nr. 91, S. 221-233.
- UNGAR, S., BLADES, M. & SPENCER, C. (1997): The use of tactile maps to aid navigation by blind and visually impaired people in unfamiliar urban environments. Proceedings of the Royal Institute of Navigation, Orientation and Navigation Conference 1997, Oxford. Royal Institute of Navigation.
- UNGAR, S., BLADES, M. & SPENCER, C. (1998): Blind and visually impaired people using tactile maps. Cartographic Perspectives Issue 28, S. 4-12.
- UNGAR, S., BLADES, M. & SPENCER, C. (1998): Memory for Conjointly learned map and text by blind, visually impaired and sighted people. Proceedings of Thinking with Diagrams '98. Aberystwyth: University of Aberystwyth.
- UNGAR, S. & ESPINOSA, A. (1995): Psychological Aspects of Tactile Mapping. Proceedings, The 17th International Cartographic Conference, ICC Barcelona.

## V

- VASCONCELLOS, R. (1991): Knowing the Amazon Through Tactual Graphics. Mapping the nations: The Proceedings of the 15th International Cartographic Conference, Vol. 1, S. 206-210.
- VASCONCELLOS, R. (1993): Representing the geographical space for visually handicapped students: a case study on map use. 16th International Cartographic Conference, ICC Köln, Proceedings, Vol. 2, S. 993-1004.
- VASCONCELLOS, R. (1994): Tactile Map Design and the Visually Impaired User. Symposium on Cartographic Design and Research, Ottawa, Canada.
- VASCONCELLOS, R. (1995): Tactile Mapping for visually impaired Children. Proceedings, The 17th International Cartographic Conference, ICC Barcelona, Vol. 2, S. 1755-1764.

- VASCONCELLOS, R. (1996): Tactile Mapping Design and the Visually Impaired User. In: Cartographic Design: Theoretical and Practical Perspectives. Eds. Clifford H. Wood and C. Peter Keller, John Wiley & Sons, S. 91-102.
- VIRTOUCH LTD. (2001): Revolutionary new computer hardware and software for the blind and visually impaired - VirTouch Mouse. <http://www.virtouch.co.il>.
- VIRTOUCH LTD. (2003, 2004): VTPlayer - The VirTouch Braille Adventure Series. <http://www.virtouch.com>.
- VOLLI, U. (2002): Semiotik - Eine Einführung in ihre Grundbegriffe. A. Francke Verlag Tübingen und Basel.
- VTPLAYER™: Das virtuelle taktile Display VTPlayer™. <http://www.vtplayer.sourceforge.net>.

**W**

- WAGNER, R., LEDERMAN, S.J. & HOWE, R.D. (2003): A Tactile Shape Display using RC servomotors. Proceedings of the 10th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (HAPTICS.02).
- WEG&ZIEL (2003): Weg&Ziel. <http://www.etex.de>.
- WEIDENMANN, B. (Hrsg.) (1994): Wissenserwerb mit Bildern. Verlag Hans Huber, Bern.
- WEIDENMANN, B. & KRAPP, A. (1994): Pädagogische Psychologie, Kapitel 12, Psychologie des Lernens. BELTZ, Psychologie Verlags Union, Weinheim.
- WITT, W. (1979): Lexikon der Kartographie. Franz Deuticke Wien.
- WOLODTSCHENKO, A. (1991): Zu einigen Fragen des kartographischen Zeichensystems. Kartosemiotik 1, Internationales Korrespondenzseminar, TU Dresden, Institut für Kartographie, S. 49-58.
- WOLODTSCHENKO, A. (1999): Kartosemiotische und konzeptionelle Aspekte der 90er Jahre. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 2, Internationales Korrespondenzseminar, Dresden.
- WOLODTSCHENKO, A. (2003): Zur Struktur der Karten. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 6, Internationales Korrespondenzseminar, Dresden, S.43-48.
- WOOD, C.H. & KELLER, C.P. (1996): Cartographic Design. Theoretical and Practical Perspectives. Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- WÜNSCHMANN, W. (1995): Ergonomie taktiler Kommunikation. Taktile Medien, Kolloquium über tastbare Abbildungen für Blinde, Tagungsband, Dresden, S. 167-173.

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all denen danken, die durch ihre freundliche und tatkräftige Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Insbesondere danke ich meinem Betreuer, Herrn Prof. Dr.-Ing. W.G. Koch für die vielen hilfreichen Anregungen, Hinweise und Ratschläge sowie für das Zurverfügungstellen von zahlreichen Fachbüchern, Diplomarbeiten und Dissertationen.

Ebenso geht mein Dank an das Institut für Kartographie der TU Dresden, das mir für den gesamten Zeitraum meiner Dissertation ein Zimmer mit Computerarbeitsplatz und Internetanschluss zur Verfügung gestellt hat.

Frau Dr. Kemter möchte ich recht herzlich für die kritische und konstruktive Hilfestellung bei der Erstellung des Fragebogens für die empirischen Untersuchungen danken. Ebenso gilt mein herzlicher Dank Frau Hörding, die mit ihren praktischen Anregungen und der Beurteilung des Fragebogens aus der Sicht eines Pädagogen zum endgültigen Erscheinungsbild des Fragebogens mit beigetragen hat.

Genauso möchte ich mich auch bei allen anderen Pädagogen (Klassenlehrer und Geographielehrer) der Förderschulen für Blinde und Sehbehinderte in Deutschland bedanken, die sich die Mühe gemacht haben, den Fragebogen für die Schüler ihrer Klassenstufe auszufüllen und so zum Gelingen der empirischen Untersuchungen mit beigetragen haben.

Des Weiteren danke ich der Stelle zur Förderung von Frauen in der Wissenschaft für die Vergabe des Stipendiums und der damit verbundenen finanziellen Unterstützung.

Ganz besonders bedanke ich mich aber bei meinen lieben Eltern, die mir immer wieder durch ihr Vertrauen Mut und Kraft gegeben und jederzeit an mich geglaubt haben!

Mein besonderer Dank gilt Katrin Höhne und meinen Eltern für die Mühe und Geduld des Korrekturlesens.