

Smart Legend

Aufbau und Interaktivität digitaler Kartenlegenden

Samuel Wiesmann

Diplomarbeit

Geographisches Institut der Universität Zürich

Fakultätsvertretung

Prof. Dr. Robert Weibel, Universität Zürich

Betreuung

Dr. René Sieber, Institut für Kartografie der ETH Zürich

Zürich, Februar 2007

Vorwort

Vor genau sieben Jahren erwachte ich aus dem Koma. Noch realisierte ich nicht, wie weit der Weg zurück an die Uni und bis zum Diplom noch werden würde, und das war wahrscheinlich gut so. Ich danke von Herzen all den vielen Menschen, die mich auf diesem langen und steinigen Weg zurück unterstützt und an mich geglaubt haben. Durch diese Unterstützung wurde es möglich, dass ich mein zweites Studium zu guter Letzt auch noch abschliessen konnte.

Danken möchte ich Prof. Dr. Robert Weibel vom Geographischen Institut der Universität Zürich und Prof. Dr. Lorenz Hurni vom Institut für Kartografie der ETH Zürich, die es mir ermöglicht haben, diese Diplomarbeit durchzuführen. Herrn Weibel ausserdem für die Korrekturen der Arbeit und die aufmunternden Worte.

Ganz herzlichen Dank meinem Betreuer Dr. René Sieber, der mir jederzeit mit seiner kompetenten Beratung zu helfen wusste, viel Zeit dafür aufgewendet hat, ausserdem mit seiner konstruktiven Kritik viele neue Inputs und Ideen brachte und damit wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Ebenfalls danke ich Andreas Neumann, dessen Skripte ich für die Entwicklung des Prototyps nutzen durfte.

Ausserdem vielen Dank an zahlreiche Mitarbeiter des Instituts für Kartografie, die mich nicht nur motiviert haben, sondern die mir auch immer wieder tatkräftig und beratend zur Seite gestanden sind.

Nicht zu vergessen auch der Dank an Patrick Hager, der mir zwei seiner Schulklassen für die Evaluation zur Verfügung gestellt hat, sowie an die Schüler, die ihre Arbeit seriös erledigt haben.

Und in tiefer Liebe danke ich Simone, die mich in all den Jahren durch sämtliche Höhen und Tiefen begleitet hat. Ohne sie hätte ich den Weg zurück wohl gar nicht erst in Angriff nehmen können.

Zürich, 17. Februar 2007

Samuel Wiesmann

Zusammenfassung

Die Legende ist der Schlüssel zur Karte und damit das zentrale Element. Die vorliegende Arbeit stellt die Legende ins Zentrum und behandelt deren Funktion ganzheitlich im Rahmen des kartographischen Kommunikationsprozesses. Dabei wird auf die klassische Legende von Papierkarten eingegangen und diese mit den Legenden digitaler Karten verglichen. Es zeigt sich, dass viele digitale Legenden bedeutende Nachteile gegenüber der Papierlegende aufweisen, bis hin zur Unbrauchbarkeit. Diese Arbeit soll für die genannte Problematik sensibilisieren und mit vielen konkreten Vorschlägen und Beispielen dazu anregen, sich um die Verbesserung der Legenden zu bemühen.

Die gewinnbringenden Methoden der Interaktivität werden bei Legenden in der Praxis oft weggelassen und dadurch wird auf ein grosses Potential verzichtet. In der Arbeit wird theoretisch hergeleitet, mit welchen einfachen Funktionen die konventionelle digitale Legende, wie man sie aus dem Internet oder anderen kartographischen Anwendungen kennt, verbessert und damit die Missstände korrigiert werden könnten. Die so entstehende *Smart Legend* bedient sich dabei systemgesteuerter wie auch nutzergesteuerter Interaktionen. Sie umfasst einerseits die einfache, erklärende Legende, kann aber durch zusätzliche Funktionen erweitert werden und erfüllt so schliesslich weit mehr als nur ihre Hauptaufgabe der Zeichenerklärung.

Aufgrund der theoretischen Überlegungen wurden skizzenartige Prototypen entwickelt. Diese Prototypen simulieren diverse Verhaltensweisen der Legende durch das Aufzeigen von jeweils zwei bis vier potentiellen Lösungsvarianten, welche schliesslich von einer Probandengruppe beurteilt wurden. Daraus können Präferenzen potentieller Nutzer abgeleitet werden, sodass mögliche Richtungen für künftige Entwicklungen von digitalen, interaktiven Legenden aufgezeigt werden können.

Die durch die Evaluationen gewonnenen Resultate werden präsentiert und ausführlich diskutiert. Sie bilden die Grundlage für einen lauffähigen Prototyp, der zum Schluss die von den Probanden bevorzugten Varianten illustriert und kombiniert. Gleichzeitig sind darin zusätzliche Funktionen integriert, so dass der Prototyp die Funktionsweise einer einfachen, aber smarten Legende aufzeigt. Ebenfalls wird damit eine mögliche Aufbauvariante eines *Legend Center* und Beispiele von darin enthaltenen Funktionen beschrieben. Dieser Prototyp wird erklärt, diskutiert und mit zusätzlichen Beispielen und alternativen Umsetzungsvorschlägen ergänzt.

Es zeigt sich, dass das gewählte Verfahren der Entwicklung unter Einbezug von potentiellen Nutzern geeignet ist, um bereits in einem frühen Stadium der Entwicklungsphase Rückmeldungen zu erhalten und damit Bedürfnisse von Nutzern zu berücksichtigen. Die so entstandene Legende des lauffähigen Prototyps überzeugt durch ihre Einfachheit bei gleichzeitig deutlichem Mehrwert punkto Eindeutigkeit bei Zeichenerklärungen und Möglichkeiten der explorativen Datenanalyse.

Inhalt

1	Einleitung.....	1
1.1	Motivation	1
1.2	Problemstellung	2
1.3	Zielsetzungen	4
1.4	Vorgehen	4
1.5	Abgrenzung	5
1.6	Aufbau der Arbeit	5
	 Teil I: Theoretische Grundlagen	 7
2	Interaktive Kartographie.....	9
2.1	Kartographie	9
2.2	Multimediakartographie	10
2.2.1	Digitale Karten	10
2.2.2	Eigenschaften digitaler Karten	11
2.2.3	Digitale Atlanten	12
2.2.4	World Wide Web und Internet	14
2.2.5	Auswirkungen des WWW auf die Kartenproduktion	15
2.3	Interaktive Karten	15
2.3.1	Interaktionskriterium: statisch vs. dynamisch	16
2.3.2	Interaktionskriterium: Grad der Manipulationsmöglichkeiten	18
2.3.3	Interaktionskriterium: Grad der analytischen Funktionalität	18
2.3.4	Müssen Karten interaktiv sein?	19
2.4	Funktionen in interaktiven Karten	20
2.4.1	Interaktion mittels Interaktionsobjekt	20
2.4.2	Funktionen interaktiver Karten	21

3	Von der traditionellen zur interaktiven Legende.....	25
3.1	Kartengraphik als Zeichensystem und Kommunikationsform	25
3.1.1	Kartosemiotik.	26
3.1.2	Aufbau des kartographischen Zeichensystems	26
3.1.3	Der kartographische Kommunikationsprozess und Informationsfluss	27
3.2	Die traditionelle Legende in Papierkarten	29
3.2.1	Geschichte der Zeichenerklärung	29
3.2.2	Legende und andere Randangaben	31
3.2.3	Externe und interne Identifizierung.....	31
3.2.4	Inhalt, Art und Umfang der klassischen Legende	32
3.2.5	Die klassische Legende in der Praxis	34
3.3	Digitale Legenden	37
3.3.1	Probleme bei digitalen Legenden: ein Beispiel	38
3.3.2	Lexikalische Definitionen der digitalen Legende	43
3.4	Interaktive Legenden.....	44
4	Von der interaktiven Legende zur «Smart Legend»	47
4.1	Einzelaspekte von interaktiven Legenden	47
4.2	Fünf Komponenten der interaktiven Legende.....	48
4.3	Aufbau und Entwicklung einer «Smart Legend»	53
4.3.1	Nutzergesteuerte und systemgesteuerte Interaktionen	53
4.3.2	Stufen der interaktiven Legende	54
4.3.3	Smarte Funktionen in einfachen Legenden.....	55
4.3.4	Die Entwicklung eines «Legend Center».....	57
5	Nutzerzentrierte Entwicklung mittels Prototyping	61
5.1	Prototyping als Entwicklungsstütze	61
5.2	Nutzerzentrierte Entwicklung von kartographischen Systemen.....	62
5.3	Ausgereifte und weniger ausgereifte Prototypen	65
5.4	Demonstration von Prototypen und Anzahl Testpersonen	67

Teil II: Methodisches Vorgehen	69
6 Umsetzung des Nutzerzentrierten Ansatzes	71
6.1 Allgemeines über das Vorgehen	71
6.2 Aufbau der skizzenartigen Prototypen	73
6.3 Durchführung der Evaluation	77
6.4 Aufbau des Fragebogens	79
6.4.1 Fragen zur Erhebung der Vorkenntnisse der Probanden	79
6.4.2 Fragen zur Beurteilung des Prototyps	80
6.4.3 Der zweite Fragebogen	81
6.5 Legendenspezifischer Inhalt des Fragebogens	81
7 Methodik der statistischen Auswertung	85
7.1 Zwei Kategorien von Fragenarten	85
7.2 Skalenniveau der auszuwertenden Daten	86
7.3 Auswertung der Beurteilungsfragen	86
7.3.1 Darstellung des Mittelwertes	86
7.3.2 Die Verteilung der Daten	88
7.3.3 Vergleich der zentralen Tendenz der Teilfragen	89
7.4 Vergleich von Merkmalsgruppen	91
7.5 Auswertung der Entscheidungsfragen	91
Teil III: Resultate und Illustration	93
8 Resultate und Diskussion	95
8.1 Profil der Probanden	95
8.2 Resultate und Diskussion der Evaluationen	98
8.2.1 Zugang zur Legende (C1)	99
8.2.2 Aufrufen der Legende (C3)	100
8.2.3 Anordnung der Legende (C2, D1)	101

8.2.4	Grösse der Legende (C4, D2, D3, D4)	103
8.2.4.1	Anpassung der Grösse der Legende (C4)	104
8.2.4.2	Grösse beim zweiten Öffnen (D2)	105
8.2.4.3	Maximale Grösse (D3)	106
8.2.4.4	Legendenhintergrund bei unterschiedlichen Grössen (D4)	108
8.2.5	Inhalt der Legende (C5, D9, D10)	110
8.2.5.1	Erste Befragung: Inhalt der Legende (C5)	110
8.2.5.2	Zweite Befragung: Inhalt der Basiskartenlegende (D9)	112
8.2.5.3	Zweite Befragung: Inhalt der Themenlegende (D10)	113
8.2.6	Funktionen der Legende (C6)	115
8.2.7	Hinzuschalten von Kategorien und andere Ebenenfunktionen (D11, C7) . .	117
8.2.8	Zugang zum Legendencenter (C9, D5)	120
8.2.9	Funktionen im Legendencenter (C8, D6, D8)	122
8.2.10	Smarte Unterstützung im Legendencenter (D7)	125
8.2.11	Kombination von zwei Legenden (D12)	127
8.3	Testergebnisse des Vergleichs von Merkmalsgruppen	129
8.3.1	Übersicht: Unterschiede in Antworttendenzen von Merkmalsgruppen . . .	129
8.3.2	Erstes Beispiel: Einfluss des Geschlechts auf das Antwortverhalten	132
8.3.3	Zweites Beispiel: Einfluss der Spielhäufigkeit auf das Antwortverhalten . .	133
8.4	Bemerkungen zum gewählten Verfahren	134
9	Entwicklung des lauffähigen Prototyps	137
9.1	Thematischer Inhalt und Layout	137
9.2	Verwendete Technik	140
9.3	Technischer Aufbau des Prototyps	141
9.4	Illustration einer interaktiven Legende am lauffähigen Prototyp	142
9.4.1	Ein- und Ausblenden von Ebenen	142
9.4.2	Abfrage des Karteninhalts	145
9.4.3	Grössenanpassung der Legende	148
9.4.4	Bidirektionales Hervorheben in Karte und Legende	149
9.4.5	Informationsabfrage und –anzeige	151
9.4.6	Das «Legend Center» im Prototyp	152
9.4.7	Anpassungen in der Karte und der Zeichenerklärung	156

10	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	157
10.1	Schlussfolgerungen	157
10.2	Ausblick	159
11	Literaturverzeichnis.....	161
	Anhang.....	169
A	Resultate der Entscheidungsfragen: Graphiken	171
B	Fragebogen zum ersten skizzenartigen Prototyp	181
C	Fragebogen zum zweiten skizzenartigen Prototyp	187
D	Daten-CD	191

Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 2.1:	Klassifikation von Webkarten	17
Abb. 2.2:	Funktion von Interaktionsobjekten in einem User Interface interaktiver Karten	21
Abb. 3.1:	Kartographischer Kommunikationsprozess und Informationsfluss	28
Abb. 3.2:	Klassische Legende Variante 1: optische Integrierung ins Kartenbild	35
Abb. 3.3:	Klassische Legende Variante 2: Integrierung ins Kartenbild in einem separaten, überlagernden Rechteck	36
Abb. 3.4:	Klassische Legende Variante 3: Legende ausserhalb des Kartenbildes	37
Abb. 3.5:	Digitale Legende: Grenzen, Kartenreferenzen und Gewässer	39
Abb. 3.6:	Digitale Legende: Grenzen, Kartenreferenzen und Gewässer mit überlagertem Thema Grundwasserleiter	40
Abb. 3.7:	Eindeutige Identifizierung des Grossen Salzsees im Nationalatlas der USA	42
Abb. 3.8:	Funktionale Beziehung von interaktiver Legende zur Karte und anderen Medien	46
Abb. 4.1:	Die fünf Komponenten der Gestaltung interaktiver Legenden	51
Abb. 4.2:	Die drei Stufen interaktiver Legenden	55
Abb. 5.1:	Nutzerzentrierte Entwicklung nach ISO 13915	62
Abb. 6.1:	Nutzerzentriertes Vorgehen in der vorliegenden Arbeit	72
Abb. 6.2:	Zusammenhang von «Situation» und «Variante» im skizzenartigen Prototyp	73
Abb. 6.3:	Beispiel aus dem skizzenartigen Prototyp: Einzelgraphiken simulieren einen Ablauf	75
Abb. 6.4:	Beispiel einer Einzelgraphik des oft verwendeten Kartenthemas, mit überlagerten fiktiven Elementen und Reiterleiste, Legende ausgeblendet	76
Abb. 6.5:	Beispiel aus dem skizzenartigen Prototyp: Übersicht über die Lösungsvarianten	77

Abb. 6.6:	Beispiel aus dem Fragebogen zur Evaluation des ersten Prototyps.....	80
Abb. 7.1:	Auswertung Beurteilungsfragen: Balkendiagramm zur Darstellung des Mittelwerts	87
Abb. 7.2:	Vorgehen zur Wahl des statistischen Tests zur Prüfung auf Unterschiede...	90
Abb. 7.3:	Auswertung Entscheidungsfragen: Häufigkeiten der Favoritennennung.....	92
Abb. 8.1:	C1: Bewertung: Zugang zur Legende	99
Abb. 8.2:	C3: Bewertung: Aufrufen der Legende.....	101
Abb. 8.3:	C2: Bewertung: Anordnung der Legende	102
Abb. 8.4:	D1: Bewertung: Anordnung der Legende beim zweiten Öffnen.....	103
Abb. 8.5:	C4: Bewertung: Grösse der Legende	105
Abb. 8.6:	D2: Bewertung: Grösse der Legende beim zweiten Öffnen.....	106
Abb. 8.7:	D3a: Maximale Grösse der Legende	107
Abb. 8.8:	D3b: Maximale Grösse der Legende bei zusätzlich geöffnetem Fenster im Hintergrund	108
Abb. 8.9:	D4a: Bewertung: Hintergrund bei kleiner Legende	109
Abb. 8.10:	D4b: Bewertung: Hintergrund bei grosser Legende	110
Abb. 8.11:	C5: Bewertung: Inhalt der Legende.....	111
Abb. 8.12:	D9: Bewertung: Inhalt der Legende der Basiskarte.....	113
Abb. 8.13:	D10: Bewertung: Inhalt der Legende des Themas.....	114
Abb. 8.14:	C6: Bewertung: Funktionen der Legende	116
Abb. 8.15:	D11: Bewertung: Hinzuschalten von Kategorien.....	118
Abb. 8.16:	C7: Bewertung: Kombination von Legende und Karten-Ebenen	119
Abb. 8.17:	C9: Bewertung: Zugang zum Legendencenter.....	120
Abb. 8.18:	D5: Bewertung: Zugang zum Legendencenter 2.....	121
Abb. 8.19:	C8: Bewertung: Funktionen eines Legendencenters.....	123
Abb. 8.20:	D6: Bewertung: Legendencenter: Farbwahl – Symbolisierung	124
Abb. 8.21:	D8: Bewertung: Legendencenter: Favorisierung von Farbwahl und/oder Symbolisierung	125
Abb. 8.22:	D7: Bewertung: Legendencenter: Symbolisierungsoptionen.....	126
Abb. 8.23:	D12: Kombination von zwei Legenden	128
Abb. 8.24:	C3: Bewertung: Einfluss des Geschlechts auf die Antworttendenz	132
Abb. 8.25:	C6d: Bewertung: Animationssteuerung in Legende nach Spielhäufigkeit.	134
Abb. 9.1:	Lauffähiger Prototyp: Übersicht und Anordnung	139
Abb. 9.2:	Geöffnete Legende ohne und mit eingeblendeten Themenebenen.....	143

Abb. 9.3:	Button für die Auswahl aller möglichen Basiskartenebenen	144
Abb. 9.4:	Vollständige Auswahl für die Kategorien der Basiskarte	144
Abb. 9.5:	Zustand der Legende nach Abfrage eines aktuellen Kartenausschnitts	146
Abb. 9.6:	Legende mit eingeklappter Basiskartenlegende (li) respektive Themenlegende (re)	148
Abb. 9.7:	Bidirektionale Abfrage 1: Hervorheben der Legendenkategorie	150
Abb. 9.8:	Bidirektionale Abfrage 2: Hervorheben der Kartenelemente	150
Abb. 9.9:	Angabe von Attributen im Informationsfeld	152
Abb. 9.10:	Legend Center, alle Optionen inaktiv	153
Abb. 9.11:	Legend Center, verfügbare Optionen aktiv	154
Abb. 9.12:	Legend Center, <i>Rivers</i> selektiert	155
Abb. 9.13:	Legend Center, <i>Rivers</i> : Farbe und Strichstärke verändert.....	155

Tabellen

Tab. 2.1:	Funktionen in interaktiven Atlanten [nach CRON 2006, S. 14]	22
Tab. 6.1:	Die neun Situationen des ersten Prototyps	82
Tab. 6.2:	Die zwölf Situationen des zweiten Prototyps	83
Tab. 8.1:	Persönlichkeitsmerkmale und Vorkenntnisse der Probanden	97
Tab. 8.2:	Einteilungskriterien für die Merkmalsgruppen.....	130
Tab. 8.3:	Signifikante Unterschiede bei Merkmalsgruppen nach U-Test von Mann-Whitney	130
Tab. 9.1:	Visualisierte Schutzgebiete im lauffähigen Prototyp: Art und Anzahl.....	137
Tab. 9.2:	Kategorien der Basiskarte im lauffähigen Prototyp: Art und Anzahl	138

Verwendete Abkürzungen

AdS	Atlas der Schweiz
AR	Augmented Reality
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
Bbox	Bounding Box
CD-ROM	Compact Disc Read-Only Memory
DVD	Digital Versatile Disc
ECMA	European Computer Manufacturers Association
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
FTP	File Transfer Protocol
GIF	Graphics Interchange Format
GIS	Geographisches Informationssystem
GUI	Graphical User Interface
HSVA	Farbmodell «Hue, Saturation, Value, Alpha (Transparency)»
HTML	Hypertext Markup Language
IKA	Institut für Kartografie der ETH Zürich
ISO	International Standardizing Organization
JPEG	Joint Photographic Experts Group
JS	JavaScript
KS	Kolmogorov-Smirnov Goodness of Fit-Test
PC	Personal Computer
PDF	Portable Document Format
RGBA	Farbmodell «Red, Green, Blue, Alpha (Transparency)»
SVG	Scalable Vector Graphics
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
URL	Uniform Resource Locator
US	United States
USA	United States of America
VR	Virtual Reality
VRML	Virtual Reality Modeling Language
W3C	World Wide Web Consortium
WWW	World Wide Web
XML	eXtensible Markup Language

1 Einleitung

1.1 Motivation

«Die Kartenlegende ist der Schlüssel zur Karte. Sie ist das Mittel, um die Begriffe unseres Denkens und unserer Sprache, mit der wir die Gegenstände und Vorgänge unserer Umwelt erfassen, in die Zeichensprache der kartographischen Darstellung zu übersetzen, zu transkribieren. Sie ist umgekehrt das Mittel zur Transkription der kartographischen Zeichensprache in unsere Umgangs- und Gedankensprache.» [FREITAG 1987, S. 44]

Ulrich Freitag beschäftigte sich in seinem Artikel «Die Kartenlegende – nur eine Randangabe?» bereits 1987 mit der Frage nach der Wichtigkeit der Legende¹. Er untersuchte viele Lehrbücher hinsichtlich einer ausreichenden Beschreibung der Legende, fand aber zumeist bloss die Definition der Legende im Sinne einer Zeichenerklärung als Randangabe.

Freitag schrieb diesen Artikel vor gut 20 Jahren. Eine Zeit, in der die Kartenproduktion und der Kartengebrauch fast ausschliesslich auf Papierkarten basierten. Zwar existierte die Technik des Internets bereits, bis zur offiziellen Lancierung des World Wide Web (WWW) sollten aber noch weitere fünf Jahre vergehen [PETERSON 2003].

Nur wenig danach begann das Verbreiten von ersten digitalen Karten über das WWW. Die Anzahl digitaler Karten hat seitdem stark zugenommen und hat sich bis heute um ein Vielfaches erhöht. Über kein anderes Medium werden heute mehr Karten verteilt als über das WWW. [PETERSON 2006A]

Auch wenn die zu Beginn häufigste Form von digitalen Karten, simple Scans von Papierkarten, auch heute noch oft im WWW vorzufinden ist, so hat sich die digitale Karte trotzdem beachtlich weiterentwickelt. Karten mit Interaktionsmöglichkeiten sind keine Seltenheit mehr [PETERSON 2006B]. Das Entwicklungspotential der graphischen Qualität ist noch lange nicht ausgeschöpft, dennoch sind auch hier Anstrengungen feststellbar.

¹ In der vorliegenden Arbeit wird einfachheitshalber anstatt des zwar präziseren Begriffes «Kartenlegende» meistens der kürzere Begriff «Legende» verwendet.

Eine Umschau in aktuellen digitalen Karten zeigt aber, dass im Bereich der *Legende* in den meisten Fällen keine wesentlichen Fortschritte gemacht wurden. Allzu oft wird die Legende stiefmütterlich behandelt und als starres Bild im Sinne einer Papierzeichnung gestaltet.

Schon das präzise Zuweisen von Elementen zu den zugehörigen Kategorien ist schwierig und kann oft bis zum Schluss nicht eindeutig festgelegt werden. Interaktionsmöglichkeiten fehlen fast gänzlich. Ebenfalls werden kartographische Grundsätze immer wieder missachtet.

Wie also kann die Legende als Schlüssel der Karte die Tür zu ihr öffnen, wenn der Schlüssel nicht passt?

In der Literatur wurde viel zum Mehrwert von digitalen interaktiven Karten gegenüber der Papierkarte geschrieben (vgl. hierzu z.B. [KRAAK 2001A, KRAAK 2001B, ELZAKKER 2001]). Entsprechende Literatur zum möglichen Mehrwert einer interaktiven Legende ist nur sehr spärlich vorhanden. Die wenigen existierenden Ansätze werden in Kapitel 3.4 dieser Arbeit vorgestellt. Es besteht also ein Handlungsbedarf, um einen Mehrwert auch bei interaktiven Legenden zu erreichen.

1.2 Problemstellung

Der oben genannte Missstand bei der Umsetzung vieler digitaler Legenden ist nicht auf den technischen Entwicklungsstand zurückzuführen, denn die heutigen Möglichkeiten in der digitalen Kartographie erlauben es sehr wohl, eine ansprechende und auch interaktive Legende umzusetzen. Vielmehr wurde diesem wichtigen Kartenelement bislang zu wenig Beachtung geschenkt und es wurde auch in der Forschung vernachlässigt.

Das zeigt sich auch bei der Durchsicht der Fachliteratur: es sind nur wenige Arbeiten vorhanden, die sich seit der digitalen kartographischen Revolution der letzten 15 Jahre mit der Weiterentwicklung der Legende beschäftigten. Dies führt zu einem eigentlichen *Forschungsdefizit* in einem Umfeld, das sich enorm schnell und komplett verändert hat. Dadurch gibt es noch viele offene, zum Teil weit reichende Fragen.

Bereits bei der analogen Kartographie gab es keine einheitliche, abschliessende Definition, was einer Legende zugerechnet werden muss. Die Legende wurde fast immer gleichgesetzt mit der Zeichenerklärung, nur selten wurden weitere erläuternde Angaben oder Aufgaben erwähnt. Einen Schritt weiter geht Freitag im oben erwähnten Artikel und ordnet der Legende klare Aufgaben zu. Er schliesst aus seinen Überlegungen:

«Die Kartenlegende muss so vollständig sein, dass aus der kartographischen Darstellung mit ihrer Hilfe jede primäre räumliche, sachliche und zeitliche Information erschlossen werden kann, und sie soll so übersichtlich gestaltet sein, dass die Informationsaufnahme aus der Karte sicher und schnell erfolgen kann und zur Gewinnung sekundärer Informationen anregt.» [FREITAG 1987, S. 44]

Die von Freitag in der Fachliteratur festgestellte Unsicherheit über die Aufgaben der Legende hat sich im Zeitalter der Bildschirmkarten noch verstärkt. Durch die erweiterten Möglichkeiten bei der Bildschirmpräsentation ist die Frage, welchen *Inhalt* eine Legende haben muss, noch schwieriger zu beantworten.

Auch die Frage nach der *Funktion der Legende* wirft ähnliche Probleme auf. Bei Diskussionen der Legende einer Papierkarte wird einzig die Funktion als Zeichenerklärung in jedem Fall genannt. Im Gegensatz zu den analogen Karten ergeben sich aber bei den digitalen noch weit mehr mögliche Funktionen, die von einer Legende übernommen werden könnten, was diese Diskussion nicht vereinfacht.

Bei digitalen Bildschirmkarten eröffnen sich auch *interaktive* Nutzungsvarianten. Dass gewisse Interaktionsmöglichkeiten in der Legende das Auswerten von visualisierten Daten erleichtern können, erscheint klar. Welches aber sind die idealen Interaktionen, um eine optimale Erleichterung zu erreichen? Welche weiteren Funktionen können via Legende die *Karteninterpretation* unterstützen?

Interaktion kann zweifelsohne hilfreich sein. Welcher *Interaktionsgrad* in der Legende aber noch sinnvoll ist, respektive wo die Grenzen zur Unübersichtlichkeit, Verwirrung oder Spielerei liegen, ist weitgehend unbekannt. Es stellen sich also zusätzlich all die Fragen, wie sie bei jeder Softwareentwicklung auftauchen: Ist das Endprodukt nicht nur funktions-tüchtig und fehlerfrei, sondern ist auch eine zufrieden stellende Benutzung (*Usability*²) gewährleistet? Auf welche Weise gelangt man zu der Schnittstelle, die die Bedürfnisse des Endnutzers in ausreichendem Masse befriedigt?

² Auch in der deutschen Fachliteratur wird oft der englische Begriff «*Usability*» verwendet. Bollmann und Koch definieren ihn wie folgt: «Nutzbarkeit, Gebrauchstauglichkeit, Benutzungsfreundlichkeit, nach DIN EN ISO 9241-11 das Ausmaß, in dem ein Produkt (System) durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen.» [BOLLMANN & KOCH 2002, S. 397] In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff ebenfalls in diesem Sinne verwendet.

1.3 Zielsetzungen

Einige der soeben aufgeworfenen Fragen werden in dieser Arbeit aufgegriffen und es wird versucht, in den ausgewählten Bereichen Ansätze für eine Beantwortung zu geben.

Insbesondere sollen nutzerzentrierte Interaktionen für die Legende erarbeitet und umgesetzt werden, so dass ein Mehrwert für digitale Legenden gegenüber Papierlegenden entsteht. Diese Interaktionen sollen dem Kartennutzer die Aufnahme und Auswertung der in der Karte wiedergegebenen Information erleichtern. In diesem Sinne wird in dieser Arbeit von einer „Smart Legend“ gesprochen.

Durch das experimentelle Evaluieren von interaktiven Legenden sollen Erkenntnisse gewonnen werden, wie eine Legende umgesetzt werden könnte. Die Resultate dieser Untersuchungen sollen in die Entwicklung eines funktionsfähigen Prototyps fließen und darin implementiert werden.

Die Arbeit soll eine Grundlage bilden für weitere Entwicklungen zur verbesserten Informationsabfrage aus Karten und zur Steuerung der Kartengraphik. Im Weiteren soll sie den Mismatch bei den Legenden aktueller digitaler Kartenprodukten aufzeigen und dazu anregen, sich um eine Verbesserung des zentralen Bedienungselementes «Kartenlegende» zu bemühen.

1.4 Vorgehen

Im Rahmen dieser Arbeit wird zuerst eine Studie mit potentiellen Kartennutzern durchgeführt. In dieser Studie werden den Probanden verschiedene Umsetzungsvarianten zu spezifischen Problemen, wie sie bei der Gestaltung der Legende auftreten können, vorgeführt. Jede Variante wird einzeln beurteilt. Zusätzlich werden favorisierte Lösungen ausgeschieden.

Die Resultate aus der Studie werden anschliessend statistisch ausgewertet, mit dem Ziel, statistisch signifikant besser beurteilte Lösungsvarianten zu separieren. Dadurch sollen die Ansprüche der Nutzer in die Entwicklung miteinbezogen werden. Es ergibt sich daraus ein Bild, in welche Richtung sich Legenden gestalten und entwickeln liessen, unter der Berücksichtigung der Perspektive der Nutzer.

Zum Schluss wird versucht, die gewonnenen Erkenntnisse aus der Studie und die Ansprüche der Nutzer in einen Prototyp zu implementieren. Er dient in erster Linie zur Illustration der Umfrageergebnisse sowie zur Funktionskontrolle, ob die Umfrageergebnisse miteinander vereinbar sind. Er zeigt dabei jeweils das Prinzip der Funktionsweise anhand *einer* möglichen Variante, soll aber dazu anregen, auch andere Arten der Umsetzung zuzudenken.

1.5 Abgrenzung

Diese Arbeit beansprucht nicht, alle in der Problemstellung (Kapitel 1.2) aufgeworfenen Fragen abschliessend beantworten zu können. In ausgewählten Teilbereichen werden jedoch Ansätze zur Beantwortung geliefert.

Der auf der Basis der Umfragen entwickelte programmierte Prototyp wird zum Schluss kritisch beurteilt. Von weiteren Umfragen zum Testen der Usability wird aber abgesehen.

Die Arbeit schliesst die Gebiete der Virtual Reality (VR) wie auch die Augmented Reality (AR), eine spezielle Form der VR, *nicht* mit ein. In der VR wird eine dreidimensionale künstliche Welt mit dem Computer generiert, in welcher der Mensch über geeignete Schnittstellen agieren kann. In der Kartographie wird sie genutzt, um von bestimmten Raumausschnitten dreidimensionale Modelle zu erzeugen und dem Betrachter damit einen realistischen Eindruck zu vermitteln. Sie wird vor allem für planerische Entwürfe gebraucht. Bei der AR wird die reale Welt zusätzlich mit Information überlagert, indem dem Benutzer rechengenerierte Informationen dreidimensional in das Sichtfeld eingeblendet werden, und wirkt in diesem Sinne als eine Art GIS in einem sehr realistisch wirkenden, dreidimensionalen Raum. In diesem Zusammenhang wären ähnliche Fragen, wie sie in dieser Arbeit für zweidimensionale interaktive Karten aufgeworfen werden, sehr interessant, werden aber, wie schon erwähnt, weggelassen. Weiterführende Übersichten zu diesen zwei Spezialgebieten der Kartographie (VR und AR) können z.B. bei Riedl [2001], Shneiderman und Plaisant [2005], Cammack [2006] oder speziell für die AR ganz aktuell bei Schmalstieg und Reitmayr [2007] nachgelesen werden.

1.6 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist in drei Teile gegliedert: in die theoretischen Grundlagen (Teil I), das methodische Vorgehen (Teil II) sowie die Resultate und Illustration (Teil III).

Teil I beinhaltet die theoretischen Grundlagen, auf denen die Untersuchungen aufgebaut sind. Zu Beginn werden in Kapitel 2 die zentralen Aspekte der digitalen Kartographie im Allgemeinen erläutert sowie die Eigenschaften interaktiver Karten betrachtet. Kapitel 3 fokussiert dann auf die Kartenlegende. Es wird zuerst die Kartengraphik als Zeichensystem beschrieben, dann wird die traditionelle Legende der Papierkarten eingeführt, definiert und auch an praktischen Beispielen illustriert und schliesslich der Übergang zur digitalen Legende beschrieben. Ebenfalls werden Ansätze interaktiver Legenden vorgestellt. In Kapitel 4 wird näher auf die Interaktivität bestehender Legenden eingegangen und daraus heraus die Theorie der fünf Komponenten als Gerüst zur Gestaltung interaktiver Legenden entwickelt. Weiter wird die Idee der *Smart Legend* aufgebaut, im Vergleich zu anderen interaktiven Legenden positioniert und mit Beispielen beschrieben. Als Abschluss der theo-

retischen Grundlagen erläutert Kapitel 5 die wichtigen Elemente der nutzerzentrierten Entwicklung kartographischer Systeme.

Teil II beschreibt das methodische Vorgehen und erläutert in Kapitel 6, wie die Theorie der nutzerzentrierten Entwicklung für die hier durchgeführten Untersuchungen genutzt wurde und wie daraus zwei Evaluationsrunden entstanden sind. Dabei werden die verwendeten Methoden der Befragung ausführlich erklärt. In Kapitel 7 wird das Vorgehen für alle angewandten statistischen Auswertungen ausgeführt.

Teil III präsentiert in Kapitel 8 alle Resultate der durchgeführten Befragungen und diskutiert und interpretiert diese ausführlich. Im Kapitel 9 wird schliesslich der lauffähige, programmierte Prototyp beschrieben, der die Resultate illustrieren soll. Er ist ein Beispiel einer interaktiven *Smart Legend*, die sich zu einem *Legend Center* erweitern lässt, welches ebenfalls beispielhaft Funktionen illustriert.

Schlussfolgerungen runden die Arbeit in Kapitel 10 ab und führen zu einem Ausblick auf mögliche Themen zukünftiger Forschung.

Der Anhang zum Schluss beinhaltet diverse ergänzende Graphiken zur Illustration der Resultate, die verwendeten Fragebogen sowie eine Daten-CD, auf der alle relevanten Dokumente und Daten der Arbeit in digitaler Form gespeichert sind.

Teil I: Theoretische Grundlagen

2 Interaktive Kartographie

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die wichtigsten Veränderungen in der Kartographie der letzten 20 Jahre gegeben. In diesem Zusammenhang werden diverse Begriffe positioniert und definiert.

Im Rahmen der Multimedialkartographie wird kurz auf die Entwicklung und die Eigenschaften digitaler Karten eingegangen. Die Eigenheiten der daraus entstehenden digitalen Atlanten werden zusammengetragen. Ebenfalls wird die Entwicklung des WWW geschildert und dessen Auswirkungen auf die heutige Produktion von digitalen und oft interaktiven Karten zusammengefasst.

Aus der Vielzahl von existierenden digitalen Karten ergeben sich immer wieder Klassierungsversuche, drei von ihnen werden vorgestellt. Abschliessend wird auf die Funktionen in interaktiven Karten eingegangen, wobei zuerst der grundsätzliche Ablauf einer Interaktion aufgezeigt wird und anschliessend die im Rahmen der vorliegenden Arbeit wichtigen Funktionen zusammengefasst werden.

2.1 Kartographie

Seit Jahrtausenden erstellt der Mensch Karten und kartenähnliche Abbildungen. Trotz einer sich entwickelnden Vielfalt in Form und Inhalt waren die Darstellungen immer gleichzeitig Medium und Speicher raum-zeitlicher Informationen. Ihre Funktion blieb im Wesentlichen darauf beschränkt. Im heutigen Informationszeitalter gewinnt die digitale Rechentechnik immer mehr an Bedeutung, wodurch neue Schwerpunkte gesetzt werden und neue Möglichkeiten hinzukommen. [HAKE ET AL. 2002]

Aus dieser Perspektive kann die Kartographie heute als *«ein Fachgebiet, das sich befasst mit dem Sammeln, Verarbeiten, Speichern und Auswerten raumbezogener Informationen sowie in besonderer Weise mit deren Veranschaulichung durch kartographische Darstellungen»*³ [HAKE ET AL. 2002, S. 3].

³ Für ausführlichere Erklärungen und Definitionen diverser Fachbegriffe der Kartographie, Geomatik, Geoinformatik sowie Informatik sei auf die beiden umfangreichen Lexika «Lexikon der Kartographie und Geomatik» und «Lexikon der Geoinformatik» verwiesen [BOLLMANN & KOCH 2001,2002] und [BILL & ZEHNER 2001].

2.2 Multimediakartographie

Die sich durch die digitale Rechentechnik entwickelnden Medien wurden im Laufe der Zeit zunehmend mit einer untereinander verlinkten Struktur kombiniert. Dieses Gefüge wird unter dem Begriff *Multimedia* zusammengefasst. In seinen Ursprüngen bezog sich der Begriff auf ein sequentielles Anzeigen von Einzelbildern, die mit einem aufgezeichneten akustischen Kommentar unterlegt wurden. Heute nutzt es verschiedenste Medien, um Information in Form von Text, Ton, Bild, Animation und Video untereinander verlinkt zu übermitteln. Multimedia ist Interaktion zwischen mehreren Arten von Medien, die am Computer oder computergestützten Geräten ermöglicht wird. [CARTWRIGHT & PETERSON 2007, BOLLMANN & KOCH 2002]

Die *Multimediakartographie* entwickelte sich aus dem Bedürfnis, geographische Informationen auf eine intuitive Art und Weise zu präsentieren. Sie ist aus den Fortschritten in der Multimedia und aus den Entwicklungen der digitalen Kartographie und von Geographischen Informationssystemen (GIS) hervorgegangen. [CARTWRIGHT & PETERSON 2007]

Grundlage dafür war aber, dass die zugrunde liegenden Karten erst einmal digital vorhanden sein müssen.

2.2.1 Digitale Karten

Der Entwicklung der digitalen Karten, wie wir sie heute kennen, ging diejenige der Drucker, Plotter und Computersysteme voraus. Eine sehr wichtige technische Entwicklung war dabei die Erfindung des *Zeilendruckers*, welcher zu den Typendruckern gehört. Die Ausgabe der Zeichen erfolgt dabei zeilenweise. Karten konnten entstehen, indem Zahlen und Buchstaben kombiniert wurden. Durch das Übereinanderdrucken mehrerer Zeichen konnten gar Schattierungseffekte erreicht werden. Linien können damit jedoch nicht gezeichnet werden. SYMAP (Sygraphic Mapping Technique) bediente sich Mitte der 1960er Jahre als eines der ersten Programme dieser Ausgabetechnik. [HAGEN URL 2006, FRIENDLY & DENIS URL 2006]

Ein kartographischer Zeichenautomat wurde ab 1963 eingesetzt, und erste Versuche zur *automatisierten* Darstellung von quantitativen Daten wurden am Institut für Kartografie (IKA) der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) von Spiess bereits 1968 vorgestellt. Dafür standen eine Computeranlage und ein damit verbundener Plotter zur Verfügung. [HAGEN URL 2006, BECKER 1975]

In den 1970er Jahren begannen Behörden (z.B. das US Bureau of the Census) bei der Verwaltung von Geodaten mit der Umstellung auf Computer. Die gleichzeitige Hardwareentwicklung machte es möglich, dass ebenfalls noch in den 70er Jahren Applicon Inc. ein Color Plotting System präsentierte, das in der Lage war, über 15'000 Farb-

schattierungen darzustellen. Die Anwendungen der neuen Computerkartographie blieben jedoch aufgrund der hohen Kosten und der Notwendigkeit von Grossrechnern den Behörden und Universitäten vorbehalten. [HAGEN URL 2006]

Dieses Hindernis wurde mit der Lancierung des WWW anfangs der 1990er Jahre und einem kontinuierlichen Preisverfall entsprechender Hardwarekomponenten überwunden. Für die Computerwissenschaften im Allgemeinen, aber auch für die Weiterentwicklung der digitalen Kartographie im Speziellen, war dieser Schritt von kaum vorstellbarer Bedeutung. Das WWW hat sich zu einem der wichtigsten Medien aktueller und kartographisch aufbereiteter Information entwickelt [PETERSON 2006B]. Durch das statische wie auch das mobile WWW haben die Zielgruppe und der Gebrauch von interaktiven Multimediaprodukten drastisch zugenommen [PETERSON 2007]. Über kein anderes Medium werden heute mehr Karten genutzt als über das WWW [PETERSON 2006A]. Aus diesem Grunde sind dem WWW zwei eigene Abschnitte gewidmet (2.2.4 und 2.2.5).

2.2.2 Eigenschaften digitaler Karten

Die Einführung des Computers war eine bedeutende Revolution im kartographischen Prozess. Nicht nur der Herstellungsprozess für Karten wurde grundsätzlich verändert, sondern der Computer selbst wurde zum Medium der Kartographie. Karten werden heute vorwiegend am Computer genutzt, er wird gebraucht, um die Daten zu sammeln, die Karte zu produzieren und zu drucken. [DA SILVA & CARTWRIGHT 2006]

Die Umstellung bei der Herstellung auf Graphikprogramme hat gewisse Abläufe sehr vereinfacht, andere gar erst ermöglicht. Besonders bei komplexen Kartenthemen ist es eine grosse Erleichterung, wenn einzelne Einheiten in verschiedenen Ebenen abgelegt und damit auch separat bearbeitet und verschieden kombiniert werden können.

Auch das Anlegen von Formatvorlagen ermöglicht eine schnelle und einfache Steuerung und Änderung der graphischen Variablen. Dies kann bei Nachführungen von Karten von grossem Nutzen sein, aber auch schon bei der Ersterstellung ist eine grössere Flexibilität möglich. Ergänzen, ändern oder löschen von Elementen der Karte ist kein grosser Aufwand mehr.

Transparenzen können sehr einfach und effizient eingesetzt werden und erlauben damit einen viel grösseren Spielraum bei der Präsentation von verschiedenen Themen. Die Anwendung von Farbverläufen war früher ein Aufwand, der kaum je betrieben wurde.

Die einer Karte zugrunde liegenden Daten können schneller editiert werden und je nachdem unverzüglich oder zumindest sehr viel schneller in aktualisierten Karten präsentiert werden.

In den Anfängen der Kartographie wurden Geländerräume oft in einer vereinfachten Art 2½-dimensionaler Darstellung präsentiert, indem Berge aus der Schrägansicht gezeichnet wurden. Mit dem Aufkommen von digitalen Geländemodellen hat sich diese Darstellungsform wieder verbreitet und liefert heute verblüffend realistisch wirkende Eindrücke von Räumen. [FREITAG 1987, SIEBER & HUBER 2007]

Weiter ist auch die Animation möglich geworden. Zwar war es schon mit Papierkarten möglich, die Entwicklung eines Raumes im Verlaufe der Zeit zu präsentieren, indem Einzelkarten zu verschiedenen Zeitständen aneinander gereiht wurden. Die echte Animation, die fließend ablaufende Prozesse darstellen, wurde erst im digitalen Zeitalter möglich.

2.2.3 Digitale Atlanten

Seit Karten digital entwickelt respektive präsentiert werden können, dauerte es nicht lange, bis auch erste digitale Atlanten entwickelt wurden. Die ersten erschienen in den 1980er Jahren, wobei man sich nicht einig ist, welches nun der erste war. Ormeling und Kraak sehen im *Atlas of Arkansas* von 1987, Siekierska und Williams im *Electronic Atlas of Canada* bereits 1981 den ersten digitalen Atlas. [DA SILVA & CARTWRIGHT 2006]

Diese Unsicherheit mag daher kommen, dass auch bei der Definition des digitalen Atlases Uneinigkeit herrscht. Verschiedene Autoren trennen heute bei der Definition weniger scharf zwischen analogen und digitalen Atlanten und betrachten heute den Atlas generell als eine Sammlung von Karten, die digital oder auf Papier verbreitet werden. Kraak und Ormeling wenden dagegen aber ein, dass diese Definition gewisse digitale Atlanten ausschliesst. Sie beurteilen den Begriff «Karte» als zu einschränkend und sprechen genereller von einer Kombination von Datensätzen speziell prozessierter räumlicher Daten. [KRAAK & ORMELING 2003]

Bei der Veröffentlichung von neuen Atlanten zeigt sich gemäss da Silva und Cartwright ein deutlicher Trend hin zu vermehrt digitalen Produkten. Im Gegensatz zu Prognosen vor mehr als zehn Jahren wurde dabei der Papieratlas aber nicht gänzlich verdrängt. Ebenfalls stark zugenommen haben die hybriden Arten, bei denen als Endprodukt sowohl Papierkarten als auch digitale Karten auf CD-ROM oder dem WWW vorliegen. [DA SILVA & CARTWRIGHT 2006]

Viele der Vorteile, die digitalen Atlanten gegenüber Papieratlanten zugeschrieben werden können, sind auf die bereits erwähnten Eigenschaften der digitalen Karten zurückzuführen.

So kann die Möglichkeit der Animation in einen Atlas eingebaut werden, wodurch dynamische Prozesse im Besonderen eindrücklich visualisiert werden können und damit

eine neue Form der Kommunikation räumlicher Daten entsteht. [DA SILVA & CARTWRIGHT 2006]

Im digitalen Atlas können nicht nur für den Bildschirm aufbereitete Karten präsentiert werden. Es ist möglich, eine grosse Bandbreite an digitalen Informationen mit einzubinden. So können Texte, Bilder und Graphiken wie auch Filme oder Musik mit einbezogen werden. Dadurch entstehen auch ganz neue Möglichkeiten, falls mit dem Atlasprodukt didaktische Ziele verfolgt werden.

In Kapitel 2.2.2 wurde bereits darauf hingewiesen, dass digitale Karten wesentlich einfacher auf aktuellem Stand gehalten werden können. Dies gilt ebenso für digitale Atlanten. Es ist im Vergleich zu Papieratlanten viel einfacher, neue Daten einfließen zu lassen. Dies gilt in besonderem Masse für Atlanten, die auf dem WWW publiziert werden. Die Updates stehen unverzüglich auch dem Nutzer zur Verfügung. [DA SILVA & CARTWRIGHT 2006]

Auch sind digitale Atlanten wesentlich einfacher zu transportieren, da sie sich in der Regel auf eine CD oder DVD beschränken, oder gar vollständig übers WWW erreichbar sind. Jedoch ist ihre Nutzung immer an einen Computer gebunden, was diesen Vorteil etwas relativiert, da neben der (je nachdem schweren) Hardware auch ein Zugang zum WWW oder zumindest zum Stromnetz gewährleistet sein muss.

Das Kennenlernen oder Explorieren der Daten ist einer der zentralen Zwecke eines Atlas. Indem der Atlas mit ausreichender und geschickt eingesetzter Interaktivität zur Verfügung gestellt wird, kann dieser Prozess erleichtert und sehr attraktiv gefördert werden. GIS-Funktionen können dabei eine wichtige Rolle spielen [SCHNEIDER 2002].

Durch die Möglichkeiten der Interaktivität kann der Atlas auch auf individuelle Bedürfnisse angepasst werden und erlaubt dem Nutzer, die darzustellenden Daten auf seinen Fokus zu optimieren.

Ormeling bildet bei seiner Kategorisierung von Atlanten ebenfalls zwei Gruppen, jedoch teilt er nicht in analoge und digitale Produkte ein. In seiner ersten Kategorie sieht er neben den Papieratlanten auch digitale View-only-Atlanten, die zweite Kategorie vereinigt interaktive und analytische Atlanten. Bei der Prüfung von Unterschieden beschreibt er die erste Gruppe als «statisch» und «passiv», bei der zweiten hebt er die «dynamische» und «interaktive» Komponente hervor. Er unterscheidet die «Karte als Endprodukt» im Falle des Papieratlas von der «Karte als Schnittstelle» zwischen den Daten und dem Nutzer bei interaktiven und analytischen Atlanten. [ORMELING 1996]

Die Interaktivität spielt also bei digitalen Atlanten und Karten eine sehr zentrale Rolle. Es wird deshalb in zwei separaten Unterkapiteln (2.3 und 2.4) darauf eingegangen, wo auch die Begriffe Interaktivität und Interaktion geklärt werden. Erst aber sei auch noch

das WWW erwähnt, weil dieses, wie früher schon darauf hingewiesen, einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung digitaler und interaktiver Karten gehabt hat.

2.2.4 World Wide Web und Internet

Schon vor der Lancierung des WWW anfangs der 1990er Jahre wurde das Internet⁴ fast 25 Jahre lang entwickelt. Der *Austausch* von Graphiken war aber nur sehr beschränkt möglich. Mit Hilfe des ASCII-Zeichensatzes wurden, ähnlich wie beim oben beschriebenen Verfahren mit dem Zeilendrucker, vereinzelt Versuche unternommen, Graphiken zu übermitteln (z.B. Anfahrtsskizzen), welche jedoch aus heutiger Sicht vergleichsweise hilflos anmuten. [DICKMANN 2001]

Das WWW entwickelte sich neben anderen als eine Anwendung im Internet, welche als leicht zu bedienen eingestuft wird und mittels Hyperlinks den Zugriff auf Informationen entfernter Datenbanken ermöglicht, wobei die Zugriffe nicht an eine bestimmte genormte Datenstruktur gebunden sind. Um diese Funktion zu erreichen, bedient sich das WWW der Hypertext Markup Language (HTML), die sich aber in der ursprünglichen Version nur an Text orientierte und Graphiken nicht darstellen liess. Obschon Bildformate für Rasterbilder wie GIF (Graphics Interchange Format) schon 1987 entwickelt wurden, liessen sich diese erst mit der HTML 2.0-Spezifikation ab 1994 standardmässig im Browser darstellen. [BILL & ZEHNER 2001, DICKMANN 2001]

Mit der Lancierung des WWW begann eine bis dahin beispiellose Entwicklungsgeschichte. In den knapp 15 Jahren seines Bestehens ist die Nutzerzahl weltweit bis Ende November 2006 auf 1'095 Millionen gestiegen [INTERNET WORLD STATS URL 2006], die Zweimilliardengrenze wird voraussichtlich im Jahr 2011 überschritten [COMPUTER INDUSTRY ALMANAC URL 2006]. Ausführliche Berichte über diese Entwicklungsgeschichte können z.B. bei Peterson nachgelesen werden [PETERSON 2003, PETERSON 2006A, PETERSON 2007].

Vor relativ kurzer Zeit war das problemlose weltweite Verteilen von digitalen Karten und deren Gebrauch über das Internet noch unvorstellbar. Vor der Entwicklung des WWW wurden fast ausschliesslich Papierkarten produziert, die Anzahl digitaler Karten war aufgrund der technischen Möglichkeiten verschwindend klein.

Das WWW hat mit seiner explosionsartigen Verbreitung die Voraussetzungen geschaffen, Graphiken – und damit Karten – weltweit und einem grossen Publikum zugänglich

⁴ Das Internet ist ein Computernetz, welches weltweit und dezentral Informationen und Dienstleistungen bereitstellt, sowie Nachrichten übermittelt und Ende der 1960er Jahre entstanden ist. Die Kommunikation basiert auf den Protokollen TCP/IP. Es bietet unter anderem Dienste wie E-mail, FTP oder das WWW an. [BILL & ZEHNER 2001, PETERSON 2006B]

zu machen. Es hat sich zum wichtigsten Medium entwickelt, um aktuelle Informationen zu verteilen. Diese Informationen können auch kartographisch aufbereitet sein. Peterson schätzt, dass heute weit über 200 Millionen Karten pro Tag über das WWW genutzt werden. [PETERSON 2003, PETERSON 2006A, PETERSON 2006B, PETERSON 2007]

2.2.5 Auswirkungen des WWW auf die Kartenproduktion

Karten, die über das WWW publiziert und am Bildschirm angezeigt werden, nennt man *Webkarten*. Kraak stützt viele seiner Beschreibungen und Modellbildungen auf Webkarten ab. Dies macht auch Sinn, da wie zuvor schon erwähnt der grösste Teil der Karten überhaupt über das WWW genutzt wird [PETERSON 2006A]. Viele Eigenschaften, die für Webkarten zutreffen, gelten aber ebenso für jede Form von Bildschirmkarten. Insbesondere gilt dies für die interaktiven Funktionen. Da inzwischen derart viele Personen Webkarten nutzen, sind die Entwicklungen in der Webkartographie ebenso von entscheidender Bedeutung für die Entwicklungen in der digitalen Kartographie im Allgemeinen.

Wenn man davon ausgeht, dass Webkarten von einer bestimmten Applikation abhängen, sind sie gemäss Kraak von vier Hauptfaktoren beeinflusst: dem Nutzer, dem Provider⁵, der Benutzungsumgebung und dem Karteninhalt. Die Kombination und Interaktion zwischen diesen vier Faktoren macht schlussendlich das Erscheinungsbild der Webkarte aus. Die Benutzungsumgebung gibt vor, dass die Karte nicht zu gross sein darf, weder in ihrer Datengrösse noch in ihren Dimensionen. Ansonsten werden Downloadzeiten zu gross und vom Benutzer nicht akzeptiert. Seine Aufmerksamkeit und Geduld ist sehr begrenzt. Dies wiederum hat auch Konsequenzen auf den Karteninhalt: die Informations- und graphische Dichte der Karte sollte niedrig sein. Ebenfalls muss bei der Herstellung die Erfahrung des Nutzers im Umgang mit digitalen Karten berücksichtigt werden. Diese kann beispielsweise je nach Alter und Bildung variieren. Durch *Interaktionen* können zusätzliche Informationen zugänglich gemacht werden. Dies erlaubt eine Verschachtelung der Information in einer Art, welche bei Papierkarten nicht möglich war. [KRAAK 2001A]

2.3 Interaktive Karten

«Interaktivität» bezeichnet generell ein aufeinander bezogenes Handeln zweier oder mehrerer Personen oder auch den Dialog zwischen Mensch und Maschine. Im kartographischen Zusammenhang bezeichnet es die Eigenschaft von Computersystemen, dem Nutzer eine Palette von Eingriffs- und Steuerungsmöglichkeiten (Interaktionen) zur Verfügung zu stellen. [BOLLMANN & KOCH 2001, DUDEN 1996]

⁵ Provider: Anbieter eines Zugangs zum Internet. [DUDEN 1996]

«Interaktion» beschreibt dabei die Aktionen, die vom Nutzer am Computer ausgeführt werden können. Dazu gehören zum Beispiel Datenbankabfragen oder die Navigation in einem hypermedialen Kartensystem⁶. Der Grad der möglichen Interaktion kann als Mass für die Interaktivität angesehen werden. Die Interaktionen zwischen Mensch und Computer werden in einem User Interface (Nutzerschnittstelle) umgesetzt. Die zur Verfügung stehenden Techniken und Methoden sind sehr vielfältig und reichen von der Tastatur und Maus über einen Touchscreen bis zum Datenhandschuh im Falle der *Virtual Reality* (VR). [BOLLMANN & KOCH 2001]

Beim Entwickeln von Karten muss klar unterschieden werden, ob die Karte vom Endnutzer über das Internet oder lokal auf einem PC gebraucht wird. Die Nutzung der Karte über das Internet bietet – sofern mit Sorgfalt und Bedacht generiert – den Vorteil von Plattformunabhängigkeit sowie grosser Zugänglichkeit. Zu beachten gilt es ebenfalls, dass sich das Layout je nach verwendetem Browser verändern kann. Die lokale Benutzung auf einem PC bietet dafür die Möglichkeit, auch grosse Datenmengen bewältigen zu können, was besonders für hypermediale Karten bei Einbindung von Video und Photos zum Vorteil werden kann. [HU 2006]

In der gesamten Geschichte der Kartographie ist der Übergang von statischen, gedruckten Karten hin zu bildschirmgestützten, interaktiven Kartensystemen zweifelsohne der grösste Entwicklungssprung [HURNI 2006]. In dieser kurzen Geschichte der Bildschirmkarten hat sich ein grosses Spektrum an verschiedenen Varianten von Karten entwickelt. Dies öffnet den Raum für ebenfalls viele Klassierungsversuche, die zum Ziel haben, eine Ordnung in diese Vielfalt zu bringen. Drei solcher Varianten seien im Folgenden vorgestellt.

2.3.1 Interaktionskriterium: statisch vs. dynamisch

Nach der Einführung der HTML 2.0-Spezifikation (und damit der Möglichkeit, Graphiken standardmässig im Browser darzustellen) waren es zu Beginn vor allem gedruckte Papierkarten, die gescannt und dann als Bilder ins WWW gestellt wurden. Ab etwa 1997 kamen dann diverse Varianten von interaktiven Karten hinzu. [PETERSON 2006B]

Kraak schlägt deshalb eine Kategorisierung von verschiedenen Webkarten-Typen vor. Er unterteilt die Karten in zwei Hauptgruppen, die statischen und die dynamischen Karten.

⁶ «*Hypermediales Kartensystem*»: kartographisches Informationssystem. Zur Darstellung raumbezogener Daten werden dabei verschiedene Medien nach dem Konzept von Hypermedia eingesetzt. Sie beinhalten Daten oder multimediale Darstellungen wie auch Werkzeuge zur Erschliessung des Kartensystems. «*Hypermedia*» bezeichnet ein Konzept, bei dem Informationen mit verschiedenen Medien in einer vernetzten und nicht linearen Form strukturiert und dem Nutzer angeboten werden. In der Kartographie dient es der Darstellung räumlicher, *georeferenzierter* Daten. [BOLLMANN & KOCH 2001]

Innerhalb jeder dieser Gruppen unterteilt er wiederum in View-only-Karten und interaktive Karten (Abb. 2.1). [KRAAK 2001A]

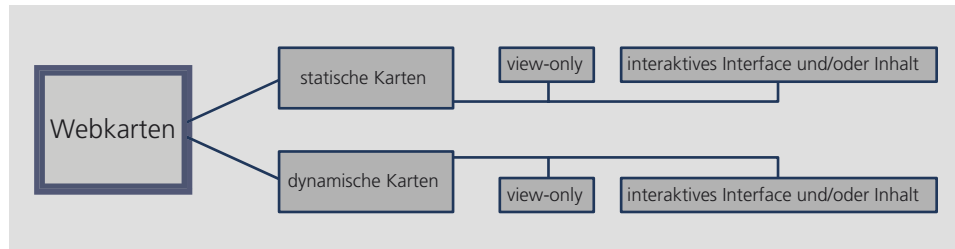


Abb. 2.1: Klassifikation von Webkarten [nach KRAAK 2001A, S.3, modifiziert]

Die weitest verbreiteten Karten im WWW sind dabei die statischen View-only-Karten, wie sie beim Scannen von Papierkarten entstehen. Diese sind aber nicht für den Gebrauch am Bildschirm konzipiert und sind oft nur schwer zu lesen [KRAAK 2001A]. Dies ist sicher einer der Gründe, weshalb viele der im Internet publizierten Karten unattraktiv und nicht benutzerfreundlich sind [RÄBER & JENNY 2003].

Statische Karten können trotzdem interaktiv sein und werden auch als «Clickable Maps» bezeichnet. Die Karte dient in diesem Fall als Interface zu weiteren Daten auf dem WWW. Diese können in Form von zusätzlichen Karten, aber auch Bildern oder anderen Internetseiten vorliegen. Die Interaktivität kann auch durch die Möglichkeit des Zoomen⁷ und Pannens⁸ erreicht werden. Ebenfalls möglich ist das Ein- und Ausblenden von Ebenen oder die Möglichkeit des Nutzers, Symbolisierungen oder Farben zu ändern. Bei der Kategorie der *dynamischen View-only-Karten* können GIF-Animationen als Darstellungsmethode dienen. Einzelne Kartenbilder werden aufeinander folgend gezeigt, so dass ein fließender Ablauf entsteht. Mit Java, JavaScript oder in virtuellen Umgebungen mit VRML (Virtual Reality Modeling Language) können interaktiv dynamische Karten erstellt werden [KRAAK 2001A]. Auf der Homepage von Mark Harrower können unter dem Link «*portfolio*» verschiedene Beispiele von interaktiv dynamischen Karten angeschaut werden. [HARROWER URL 2006]

Kraak hat seine Einteilung auf Webkarten bezogen. Sie hat jedoch in gleichem Masse Gültigkeit, wenn man diese Aufteilung nicht nur auf Webkarten, sondern auch auf Bildschirmkarten im Allgemeinen bezieht. Es ist aber zu ergänzen, dass die Klassifikation wie auch die Definition von Webkarten oder generell Bildschirmkarten keine einfache Sache ist, da sich die zugrunde liegende Technik ständig weiterentwickelt und so immer wieder neue Möglichkeiten und Perspektiven hinzukommen [DA SILVA & CARTWRIGHT 2006].

⁷ Zoom: engl. Vergrössern/Verkleinern: Die Fähigkeit des proportionalen Vergrösserns oder Verkleinerns des Massstabs z.B. einer Karte. [BILL & ZEHNER 2001]

⁸ Pan: Vom Englischen «*panning*: das Schwenken» – Die Fähigkeit eines Systems, unterschiedliche Teile eines Bildes ohne Veränderung des Anzeigemassstabes anzuzeigen. [BILL & ZEHNER 2001]

2.3.2 Interaktionskriterium: Grad der Manipulationsmöglichkeiten

Cecconi et al. benutzten für ihr Modell die Art der Interaktivität als Klassierungsmerkmal. Aufgrund des *Grades an Interaktivität* können Karten in drei Gruppen eingeteilt werden. Mit der Kategorie der «Karten ohne Manipulationsmöglichkeiten» verwenden die Autoren das gleiche Kriterium wie Kraak bei seiner Kategorie der View-only-Karten. Die «Karten mit limitierten Manipulationsmöglichkeiten» bilden die zweite Kategorie. Darunter verstehen sie Karten, die Zoomfunktionen und einfache Abfragen erlauben (z.B. Zusatzinformationen zu einem Kartenobjekt, Koordinatenangabe). In die letzte Kategorie gehören die «Karten mit erweiterten Manipulationsmöglichkeiten», in denen der Nutzer die Gelegenheit hat, interaktiv verschiedene Parameter und Variablen der Kartendarstellung zu verändern und darstellen zu lassen (z.B. Wahl der Kartenprojektion, Farben oder Merkmalsklassen). Im Weiteren stellen sie bei Bildschirmkarten in zunehmendem Masse eine Entwicklung in Richtung höherer Interaktivität fest. Die von Kraak gemachte Unterscheidung nach statischen und dynamischen Karten wird in diesem Modell nicht berücksichtigt. [CECCONI ET AL. 2000]

2.3.3 Interaktionskriterium: Grad der analytischen Funktionalität

Hurni versuchte vor kurzem ebenfalls, eine Ordnung in die «*heute sehr vielfältige und entsprechend unübersichtliche*» [HURNI 2006, S. 137] Palette von interaktiven Karteninformationssystemen zu bringen, wobei er wiederum auf Klassierungen von Siekierska & Taylor, van Elzakker, Ormeling und Schneider aufbaut und die dort genannten Kategorien weiter aufteilt. Hurni bediente sich dabei neben anderen Kriterien ebenfalls des Grades der Interaktivität, teilte aber in fünf Kategorien ein: view-only, interaktiv, analytisch, konstruktiv-analytisch und automatisiert-analytisch. In die View-only-Kategorie gehören bei ihm sämtliche für die Anzeige vorbereiteten Karten, wie es die meisten Informationskarten auf dem Internet heute sind. Die interaktive Kategorie erlaubt Abfragen in der Karte nach Kriterien und Anpassungen der Ausgabe. Die analytische Kategorie umfasst dann kombinierte Abfragen und komplexere Analysen mit GIS-Funktionen, wobei die zur Verfügung stehenden Daten vorbereitet sind. Im Gegensatz dazu können in der konstruktiv-analytischen Kategorie eigene Daten direkt in die Analyse miteinbezogen und mit erweiterten Gestaltungsmöglichkeiten ausgegeben werden. Bei der letzten Gruppe, der automatisiert-analytischen Kategorie, erfolgt eine automatisierte Datenanalyse und Aufbereitung, die sich nach einem vorgegebenen Regelwerk richten. Der Einfluss des Nutzers reduziert sich dabei auf ein Minimum. [HURNI 2006]

Es geht bei der Vorstellung der drei Varianten (Kraak, Cecconi et al., Hurni) nicht darum, die «richtige» von der «falschen» Lösung zu separieren. Je nach Ziel respektive Umstand der Klassierung ergeben sich verschiedene (sinnvolle) Lösungsvarianten. Insbesondere ging es Hurni darum, verschiedene Charakteristiken *interaktiver Karteninformations-*

systeme herauszuschälen und nicht darum, einzelne (Web-)Karten zu kategorisieren. Aber alle Varianten sprechen für die grosse Vielfalt, wie sie bei den heute existierenden (interaktiven) Bildschirmkarten vorgefunden werden kann.

2.3.4 Müssen Karten interaktiv sein?

Um den viel zitierten Mehrwert der digitalen Bildschirmkarte gegenüber der analogen Papierkarte zu erreichen, muss eine Karte interaktiv sein [ELZAAKER 2001, PETERSON 2006B]. Die interaktive Karte zeichnet sich dabei durch ein graphisches Interface aus, das üblicherweise aus systematisch strukturierten graphischen Schaltflächen, einer nahezu unverzüglichen Bildschirmanzeige sowie Tastatur und Maus besteht [HAKE ET AL. 2002].

Hinzu kommt laut Gartner, dass von den Nutzern eine Interaktivität der Karten je länger je mehr *gefordert* wird. Er führt dies darauf zurück, dass generell die Attraktivität von Inhalten im Internet bestimmt wird durch die Eigenschaften des Mediums «Web»: zunehmend bildhafte, interaktive, animierte und verlinkte Informationspräsentationen und weniger rein textliche, linear zu lesende und statische Darstellungen. Die Nutzer sind geprägt durch ihre Erfahrungen im WWW und erwarten deshalb, dass der Inhalt – zum Beispiel eine Karte – «anklickbar» ist und dadurch eine Reaktion hervorgerufen werden kann. [GARTNER 2003]

Demgegenüber stehen jedoch Untersuchungen von Peterson, bei denen Versuchspersonen verschiedenartige Karten im WWW suchen mussten. Diese bevorzugten schliesslich die gefundene vollkommen statische und zum Teil nur schwer lesbare JPEG-Karte gegenüber einer zoombaren und qualitativ guten PDF-Karte, mit der Begründung der schnelleren Ladezeiten der JPEG-Karte. [PETERSON 2006A]

Man kann als Schlussfolgerung daraus ziehen, dass offenbar das Vorhandensein von Interaktivität alleine nicht die für den Nutzer optimale Karte ergibt. Je nachdem, zu welchem Verwendungszweck ein Nutzer eine Karte sucht, welches Ziel er verfolgt, eignet sich die eine oder andere Karte besser.

Die im Folgenden beschriebenen grundlegenden Interaktionen interaktiver Karten können in allen oben erwähnten Kategorien interaktiver Karten vorkommen.

2.4 Funktionen in interaktiven Karten

2.4.1 Interaktion mittels Interaktionsobjekt

Im Dialog zwischen Mensch und Computer finden einerseits ein Handeln von Seiten des Nutzers und eine darauf bezogene Reaktion des Computers statt. Andererseits kann aber auch eine Reaktion des Nutzers aufgrund einer Aktion des Computers erfolgen. Um diese Interaktivität zu ermöglichen, sind einerseits die in Kapitel 2.2.5 genannten Methoden und Techniken notwendig (z.B. Tastatur, Maus, Touchscreen). Andererseits müssen – im Falle interaktiver Karten mittels visueller Interaktionsstile – in der graphischen Benutzerschnittstelle (User Interface) so genannte *Interaktionsobjekte* vorhanden sein. [BOLLMANN & KOCH 2001, PREIM 1999]

Diese Interaktionsobjekte sind Elemente im User Interface, die auf eine Eingabe oder Aktion des Nutzers reagieren und ihren Zustand entsprechend einer Reaktion auf die Eingabe [BOLLMANN & KOCH 2001] oder den Zustand von anderen Objekten auf dem Bildschirm – z.B. von Elementen einer interaktiven Karte – verändern. Sie erfüllen die Bedingungen der *direkten Manipulation*⁹ zur Abbildung von Systemfunktionen am Bildschirm. Dabei wird bei der Kartenerstellung für jedes Interaktionsobjekt festgelegt, welche Aktionen aus dem Handeln des Nutzers resultieren.

Abb. 2.2 zeigt die Funktion von Interaktionsobjekten im User Interface einer interaktiven Karte. Der Nutzer interagiert über eines der Interaktionsobjekte im User Interface seiner Wahl mit der Karte, indem er eine Eingabe tätigt, beispielsweise durch einen Klick oder eine Bewegung (*mouseover*) mit der Maus oder durch eine Tastatureingabe. Dies löst systemintern eine Aktion aus; programmiertechnisch ist es normalerweise das Aufrufen einer Funktion. Diese wiederum führt eine Berechnung oder eine Abfrage durch, indem sie auf die zugrunde liegenden Daten zugreift. Im Sinne einer Reaktion gibt die Funktion dem User Interface Informationen (z.B. Werte) zurück, die das Erscheinungsbild des Interaktionsobjektes und/oder des Kartenbildes (oder Elementen davon) verändern lassen.

⁹ «Direkte Manipulation» ist ein zentrales Prinzip der interaktiven Graphik [BOLLMANN & KOCH 2001]. Daneben existieren andere Interaktionsstile wie die Interaktion mittels Kommandosprache, mittels natürlicher Sprache, diejenige mittels Menüauswahl oder die WYSIWYG-Methode. Für ausführlichere Informationen zu den einzelnen Interaktionsstilen siehe [PREIM 1999, S. 117ff] oder sehr ausführlich in [SHNEIDERMAN & PLAISANT 2005, S. 211ff].

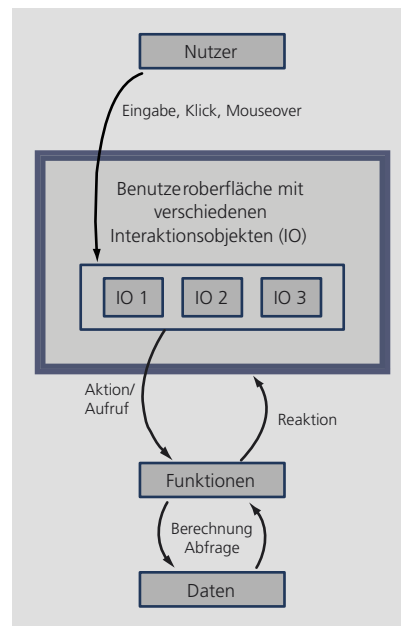


Abb. 2.2: Funktion von Interaktionsobjekten in einem User Interface interaktiver Karten [nach Bollmann & Koch 2001, S. 401, modifiziert]

2.4.2 Funktionen interaktiver Karten

Die Funktionsvielfalt in interaktiven Karten ist inzwischen sehr gross geworden. Cron [2006] hat in ihrer Arbeit eine Kategorisierung aller Funktionen von interaktiven *Atlanten* vorgenommen, wobei sie sich im Wesentlichen auf Arbeiten von Bär & Sieber [1997], Schneider [2002] und Hurni [2005] abstützt und die dort vorgestellten Modelle etwas abgeändert, ergänzt und aktualisiert hat.

Cron [2006] bildet fünf Funktionsgruppen: Generelle Funktionen, Navigationsfunktionen, Didaktische Funktionen, Kartographische und Visualisierungs-Funktionen sowie GIS-Funktionen. Innerhalb dieser werden nochmals Funktionsuntergruppen gebildet, welchen sämtliche in Atlssystemen möglichen – und damit interaktiven – Funktionen zugeordnet werden können.

Im Zusammenhang mit den Betrachtungen zu interaktiven Legenden, wie sie in der vorliegenden Arbeit gemacht werden, sind nicht alle der dort zugeordneten Funktionen von Bedeutung. Es werden deshalb hier diejenigen herausgegriffen, die im Zusammenhang mit der Legende oder dem entwickelten Prototypen von Interesse sind. Die untenstehende Tab. 2.1 zeigt die komplette Liste aller von Cron aufgeführten Funktionen, die für die vorliegende Arbeit wichtigen sind dabei *kursiv* geschrieben.

Die Gruppe der *didaktischen Funktionen* fällt dabei ganz weg und es wird aus oben genannten Gründen nicht weiter darauf eingegangen. Für eine detaillierte Beschreibung

aller Funktionen und Funktionsgruppen sowie den Prozessablauf, wie es zur Kategorisierung gekommen ist, sei auf die Arbeit von Cron verwiesen [CRON 2006].

Die markierten *generellen Funktionen* sind ausgewählt, weil sie bei der Entwicklung des Prototyps berücksichtigt wurden und in diesem Sinne eine Rolle spielen. Sie werden in diesem Zusammenhang in Kapitel 9.1 diskutiert.

Funktionsgruppen	Funktionsuntergruppen	Funktionen
Generelle Funktionen		Moduswahl, Sprachwahl, Datei-Import/-Export, Drucken, Setzen von Bookmarks, Hot Spots, <i>Kartenhistory (Vorwärts/Rückwärts)</i> , Einstellungen/Preferences, <i>Tooltips</i> , <i>Anzeige des Systemzustandes</i> , <i>Impressum</i> , <i>Home</i> , <i>Exit</i>
Navigationsfunktionen	Räumliche Navigation	Raumwahl, <i>Vergrössern/Verkleinern der Karte (Zoom In/Zoom Out, Lupe)</i> , <i>Verschieben der Karte (Pan)</i> , <i>Referenzkarte/Referenzglobus</i> , Kartenrotation, Festlegung von Standort (Höhe ü. Meer), <i>Standort (Koordinaten)</i> , Blickrichtung, Standort und Blickrichtung, Blickwinkel, Pins, <i>Räumlicher/Geographischer Index</i> , <i>Räumliche/Geographische Suche</i> , Tracking
	Thematische Navigation	Themenwahl, Themenwechsel, Themenindex, Themensuche, Themenfavoriten
	Zeitliche Navigation	Zeitwahl (Positionierung auf Zeitachse, Wahl der Zeitperiode, Wahl des Zeitpunktes), Animation (Start/Stopp etc.)
Didaktische Funktionen	Erklärende Funktionen	Geführte Touren (Rundtouren/Routen), Vorschau, Erklärende Texte, Graphiken, Bilder, Töne, Filme
	Selbstkontrollfunktionen	Quizzes, Spiele
Kartographische und Visualisierungsfunktionen	Kartenmanipulation	<i>Ein- und Ausblenden von Ebenen</i> , <i>Ein- und Ausblenden von Legendenkategorien</i> , <i>Veränderung der Symbolisierung</i> , Projektionswechsel
	Redlining	Zufügen eigener Kartenelemente, Zufügen von Beschriftung (Labelling)
	Explorative Datenanalyse	<i>Modifikation der Klassifizierung</i> , <i>Modifikation des Erscheinungsbildes/Zustandes (Helligkeit, Sonnenstand)</i> , Kartenvergleich, <i>Selektion von Daten</i>
GIS-Funktionen	Raumbezogene Abfragefunktionen	<i>Raumbezogene Abfragen/Positionsabfragen (Koordinatenabfrage/Abfrage von Höhe ü. Meer)</i> , Messen von Distanzen und Flächen, Profil erstellen
	Thematische Abfragefunktionen	<i>Thematische Abfragen (Daten-/Attributabfragen)</i> , <i>Zugriff auf statistische Tabellenwerte</i>
	Analysefunktionen	<i>Zonenbildung</i> , <i>Verschneidung</i> , <i>Aggregation</i> , <i>Geländeanalyse (Exposition, Hangneigung etc.)</i>

Tab. 2.1: Funktionen in interaktiven Atlanten [nach CRON 2006, S. 14]

Die Funktionen der *räumlichen Navigation* beeinflussen in erster Linie das Kartenbild am Bildschirm, indem durch sie ein neuer Kartenausschnitt festgelegt werden kann. Der aktuell gewählte Kartenausschnitt steht dann in direktem Zusammenhang mit dem Inhalt der Legende und deren Strukturierung. Diese Abhängigkeit wird in Kapitel 8.2.5 diskutiert.

Verschiedene Funktionen der Gruppe der *Kartographischen und Visualisierungsfunktionen* sowie der *GIS-Funktionen* betreffen die Legende in direkter oder indirekter Weise. Sie lassen sich entweder im Rahmen einer Legende im weiteren Sinne umsetzen oder sie sind durch das Wirken der Legende betroffen. Das Zusammenspiel dieser Funktionen und der Legende wird im Kapitel 9.4 ausführlich diskutiert.

3 Von der traditionellen zur interaktiven Legende

Dieses Kapitel befasst sich ausführlich mit der Kartenlegende. Zuerst wird ein Überblick gegeben über die Funktionsweise der Kartengraphik als Zeichensystem und ihre Rolle als Kommunikationsform. Dazu wird der Aufbau des kartographischen Zeichensystems vorgestellt sowie der kartographische Kommunikationsprozess und Informationsfluss analysiert.

Anschliessend wird die traditionelle Legende in gedruckten Karten diskutiert. Es werden die wichtigen Punkte der Geschichte der Zeichenerklärung zusammengefasst, bevor auf die Begriffsauslegung des Wortes «Legende» von Imhof, Bertin und Freitag eingegangen wird. In diesem Zusammenhang werden auch Bertins Verständnis der Identifizierung von Karteninformationen erklärt sowie Freitags Inhaltsanforderungen an eine Legende formuliert. Den Abschluss bilden Beispiele der klassischen Legenden, mit denen drei typische Erscheinungsformen der gedruckten Legende präsentiert werden.

Im dritten Teil wird auf digitale Legenden eingegangen. Anhand eines Beispiels werden grundsätzliche Probleme, wie sie heute oft bei digitalen Legenden vorkommen, illustriert, ehe die Definition der digitalen Legende anhand von drei Lexika besprochen wird.

Abschliessend wird gezeigt, dass auch eine Legende interaktiv sein kann, und anhand von Literaturbeispielen geschildert, in welche Richtung sich solche einzelne Vorstösse bewegen.

3.1 Kartengraphik als Zeichensystem und Kommunikationsform

Mit *Semiotik* bezeichnet man die Lehre der Zeichen, Zeichensysteme und Zeichenprozesse, es ist die allgemeine Zeichentheorie [DUDEN 1996]. Diese Wissenschaft versucht, die Beziehung zwischen einem Zeichen und dessen Bedeutung für den Betrachter sowie die Beziehung zwischen dem Zeichen und dem repräsentierten Objekt zu erklären [MÜLLER 2000].

Die Kommunikation (Verständigung untereinander, mit Hilfe von Sprache oder Zeichen [DUDEN 1996]) beruht auf der Verwendung von Zeichen im Allgemeinen, ergibt aber nur dann einen Sinn, wenn die beteiligten Kommunikatoren ein bestimmtes gemeinsames Repertoire an Zeichen und deren Bedeutung besitzen [HAKE ET AL. 2002].

Innerhalb der Semiotik spielt das sprachliche Zeichensystem eine bedeutende Rolle, da es für den Menschen in seiner häufigsten Kommunikationsart zentral ist. Daneben haben aber auch Forschungen mit anderen Akzentsetzungen stattgefunden und es hat sich eine *Kartosemiotik* entwickelt.

3.1.1 Kartosemiotik

Die Kartosemiotik hat die Entwicklung eines kartographischen Zeichensystems unter semiotischen Gesichtspunkten zum Ziel [MÜLLER 2000]. Dabei werden die Besonderheiten, die sich im Umgang mit kartographischen Ausdrucksformen ergeben, betrachtet und mit anderen Kommunikationsmitteln wie schriftlichen oder bildhaften Zeichen sowie akustischen und verbalen Formen verglichen [HAKE ET AL. 2002].

Für in kartographischen Darstellungen verwendete Zeichen gelten nach Hake et al. [2002] folgende vier Tatsachen:

- Die Informationsübermittlung beruht auf graphischen Zeichen. Alle Objekte, abstrakte Sachverhalte und Daten werden mittels der Zeichen für die optische Präsentation aufbereitet, das heisst visualisiert.
- Diese graphischen Zeichen sind geometrisch gebunden. Aus der Position muss die absolute Fixierung wie auch die Nachbarschaftsbeziehung ersichtlich sein.
- Die Struktur der Zeichen kann als dreistufiges System gesehen werden. Auf dieses wird in Kapitel 3.1.2 näher eingegangen.
- In ihrer Gesamtheit bilden die Zeichen eine endliche Menge mit festgelegten Bedeutungen. Jedes Zeichen kann lediglich *eine* Objektklasse respektive ein Objektmerkmal repräsentieren. Nur durch Zutaten (z.B. von Eigennamen) kann eine Individualität erreicht werden. Das Zeichen und sein begrifflicher Sinngehalt müssen festgelegt und verknüpft werden und ergeben damit deren Bedeutung. Dafür gibt es allerdings keine allgemein verbindliche Festlegung. Daher ist eine Erläuterung der verwendeten Zeichen in jeder Karte vonnöten und wird mit der Zeichenerklärung in der *Legende* umgesetzt.

3.1.2 Aufbau des kartographischen Zeichensystems

Die Gesamtheit der für Karten aller Art typischen Darstellungsweise gilt als Kartengraphik. Jedes darin verwendete Kartenzeichen stellt eine codierte Information dar, die – alleine oder unter Mitwirkung anderer Kartenzeichen – eine Auskunft über Raumbezug und Eigenschaften der Objekte gibt. Hake et al. [2002] analysieren die Kartengraphik und stellen einen dreistufigen Aufbau des in Karten verwendeten Zeichensystems fest:

- Als Bausteine jeder Graphik dienen *graphische Elemente*. Es sind die nach ihrer geometrischen Ausbreitung zu unterscheidenden *Punkte, Linien und Flächen*. Die Zeichen können in ihrer Erscheinung durch den Einsatz der graphischen Variablen¹⁰ variiert werden und damit typische Sachverhalte zum Ausdruck bringen. Dadurch wird eine hohe Vielseitigkeit der graphischen Erscheinungsmöglichkeiten erreicht.
- *Zusammengesetzte Zeichen* ergeben sich aus dem spezifischen Zusammenfügen der graphischen Elemente zu höheren Gebilden. Das in der Kartographie am häufigsten verwendete und bedeutendste zusammengesetzte Zeichen ist die *Signatur* (oder Kartenzeichen). Schrift, Halbton und Diagramm sind weitere verwendete Zeichen, welche aus anderen Bereichen graphischer Darstellungen stammen.
Zusammengesetzte Zeichen zusammen bilden mit den graphischen Elementen die kartographischen Gestaltungsmittel.
- *Graphische Gefüge* bilden die dritte Stufe im Zeichensystem. Sie ergeben sich, wenn mehrere Zeichen einer Objektart zusammen eine für sie typische graphische Struktur erzeugen. Sie prägen damit in starkem Masse den Gesamteindruck der Karte. Beispiele eines graphischen Gefüges sind das Gewässernetz oder Isolinien.

3.1.3 Der kartographische Kommunikationsprozess und Informationsfluss

Hake et al. [2002] stellen ein Schema für die Informationsübertragung vor, in welchem Zeichen in ein Signal umgewandelt werden und die Information in Form dieses Signals vom Sender zum Empfänger übermittelt wird. Zusammen mit einem zweiten Modell von Hake et al. [2002] liegt es den folgenden Ausführungen zugrunde; darauf wird ein modifiziertes Modell aufgebaut (Abb. 3.1) und untenstehend präsentiert.

¹⁰ Graphische Variablen: nach Bertin [1967,74, S. 15] Grösse, Helligkeitswert, Muster, Farbe, Richtung und Form. Hake et al. [2002, S. 108] ersetzen den «Helligkeitswert» heute mit «Tonwert» und statt «Muster» verwenden sie den Begriff «Füllung».

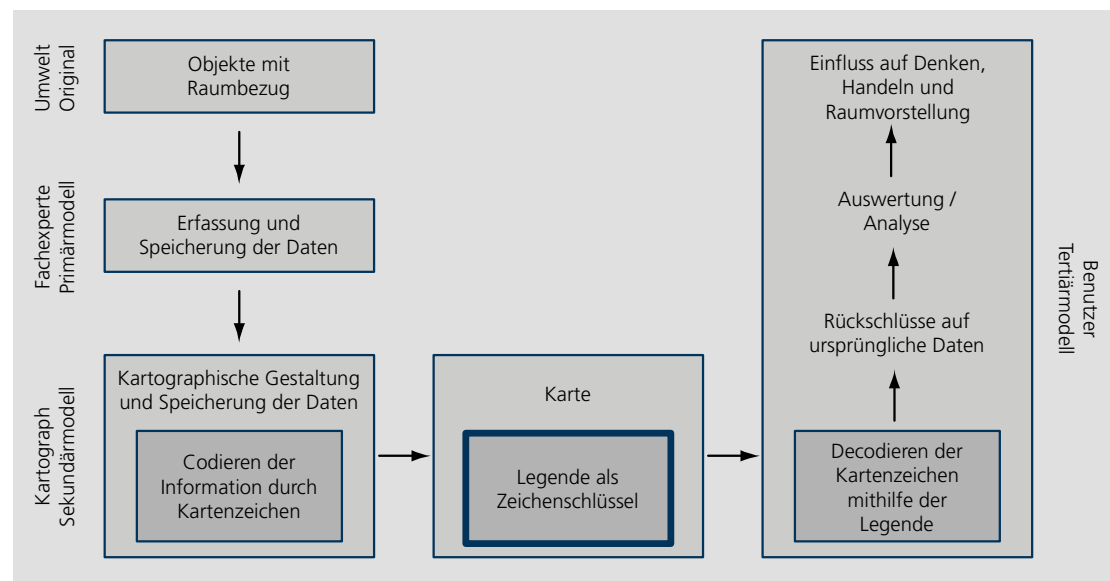


Abb. 3.1: Kartographischer Kommunikationsprozess und Informationsfluss [basierend auf HAKE ET AL. 2002: S. 22: «Das Kartographische Kommunikationsnetz» und S. 9: «Schema der Informationsübertragung»]

Die allgemeinen Erkenntnisse über Kommunikation können auf die Kartographie angewendet werden. Daraus ergibt sich ein Netz aus mehreren Kommunikationsvorgängen. Als Erstes wird die Umwelt durch eine diagnostische Kommunikation¹¹ erfasst. Dies geschieht durch einen Fachexperten.

Der Kartograph ist auf der nächsten Stufe einerseits Empfänger der Information vom oben genannten Fachmann, andererseits Sender von Information an den Benutzer. Um die Information zu senden, verschlüsselt er Information respektive Daten mit Hilfe von Kartenzeichen. Da diese Codierung wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben nicht allgemeinverbindlichen Regeln unterliegt, wird der Schlüssel zur Decodierung dem kartographischen Endprodukt in Form der *Legende* mitgegeben. Diese nimmt somit eine *zentrale Stellung* im Informationsfluss zwischen Kartograph und Kartennutzer ein.

Der Benutzer verwendet die Legende, um damit Rückschlüsse auf die ursprünglichen Daten zu ziehen und diese zu analysieren. Dadurch erhält er die gewünschten Informationen und sein Denken und Handeln wie auch die Vorstellung über den in der Karte abgebildeten Raum wird beeinflusst.

In diesem Zusammenhang ist auch das die vorliegende Arbeit einleitende Zitat von Freitag zu sehen (Kapitel 1.1), in welchem er der Legende die Schlüsselrolle im kartographischen Kommunikationsprozess zuweist:

¹¹ Diagnostische Kommunikation: einseitige Erfassung, Beobachtung, Analyse oder Erkenntnis der Aussenwelt. [HAKE ET AL. 2002, S. 8]

«Die Kartenlegende ist der Schlüssel zur Karte. Sie ist das Mittel, um die Begriffe unseres Denkens und unserer Sprache, mit der wir die Gegenstände und Vorgänge unserer Umwelt erfassen, in die Zeichensprache der kartographischen Darstellung zu übersetzen, zu transkribieren. Sie ist umgekehrt das Mittel zur Transkription der kartographischen Zeichensprache in unsere Umgangs- und Gedankensprache.» [FREITAG 1987, S. 44]

Bei jedem Kommunikationsvorgang ist mit Verfälschungen und Minderung der Informationen zu rechnen. Erläuterungen zu diesen Informationsverlusten können bei Hake et al. [2002, S. 23f] nachgelesen werden.

3.2 Die traditionelle Legende in Papierkarten

In vielen Kartographielexika wird das Stichwort «Legende», wenn überhaupt, nur ganz kurz abgehandelt. In «ABC Kartenkunde» z.B. wird es gleichgesetzt mit dem Begriff «Zeichenerklärung» und im Übrigen lediglich eine kurze Erläuterung zur Legende im historischen Zusammenhang gegeben [OGRISSEK 1983]. Im «Lexikon der Kartographie» von Witt kommt es als eigenes Stichwort gar nicht vor, wird aber im Zusammenhang mit der Diskussion des Prozesses der kartographischen Kommunikation in einer Klammerbemerkung ebenfalls mit der Zeichenerklärung gleichgesetzt. Lediglich in der Phase der Bearbeitung der Karte wird bei Witt die Legende als *«wichtigster Teil des Entwurfes»* bezeichnet [WITT 1979, S. 248 und 38f].

3.2.1 Geschichte der Zeichenerklärung

Das Wort «Legende» ist entlehnt aus dem mittellateinischen Wort «legenda», etwas «zu Lesendes». Die Bezeichnung Legende rührt von dem mittelalterlichen kirchlichen Brauch her, am Jahrestag eines Heiligen erbauliche Erzählungen aus seinem Leben in Kirchen und Klöstern vorzulesen. Der Begriff weist auch in anderen Verbindungen immer auf Schriften oder Texte hin, auf graphisch fixierte Formen der verbalen Sprache. Er bezeichnet insbesondere Inschriften in Ausdrucksformen anderer Zeichensprachen. [KLUGE 2002, FREITAG 1987]

Dass der Begriff «Legende» nicht immer ausschliesslich auf die Zeichenerklärung bezogen werden muss, zeigt ein Blick zurück in der Geschichte der Kartographie. So bezeichnete der Begriff ursprünglich alle Inschriften in Karten, die in Form von Textfeldern Erläuterungen zum Kartenbild oder andere Hinweise gaben. Dies konnte z.B. eine Anleitung zur Bestimmung des Schifffahrtskurses oder Hinweise zur Lage des magnetischen Nordpols sein. Bis in die frühe Neuzeit gab es nur ausnahmsweise eine Erklärung der Kartenzeichen als Teil der Legende. In den meisten Fällen erübrigte sie sich, weil räumliche Gegebenheiten durch individuelle, naturähnliche und unmittelbar anschauliche Dar-

stellungen wiedergegeben wurden, die ohne weitere Erklärungen verständlich waren. Die Bedeutung der wenigen vorhandenen geometrischen Zeichen und Symbole wurde mittels eines Texts am entsprechenden Zeichen im Kartenbild erklärt. Ähnlich anschauliche Darstellungen, die weitgehend ohne Zeichenerklärung auskommen, sind heute wieder besonders im touristischen Bereich bei Panoramakarten zu beobachten. [OGRISSEK 1983, FREITAG 1987, HAKE ET AL. 2002]

Im Verlaufe des 18. Jahrhunderts wurde die Erklärung der Zeichen je länger desto wichtiger. Freitag [1987] zählt dazu vier Gründe auf:

- Es wurden immer mehr räumliche Objekte, die nicht mehr unmittelbar anschaulich wiedergegeben werden konnten, in die Karte aufgenommen. Zeichen für wissenschaftliche Themen wurden dabei immer wichtiger.
- Vermehrt wurden grössere Herrschaftsgebiete kartiert, in denen auf die Kennzeichnung von Einzelobjekten verzichtet wurde, dafür aber typische Merkmale von Objektgruppen hervorgehoben wurden: Symbolhafte Zeichen für Gattungsbegriffe entstanden.
- Die kommerzielle Kartographie entwickelte sich immer weiter. Im Sinne der Verringerung der Herstellungskosten wurden Kartenzeichen vermehrt vereinfacht und standardisiert. Um einen möglichst hohen Absatz zu gewährleisten, mussten die Karten auch insgesamt verständlich und eindeutig lesbar gemacht werden. Eine «Erklärung der Zeichen und Buchstaben» wurde als Teil der Legende in eine Ecke des Kartenbildes gedruckt.
- Die Herstellung von grossmassstäblichen topographischen Kartierungen von grossen zusammenhängenden Gebieten wurde in Form von vielblättrigen Kartenwerken umgesetzt. Weil in der Regel viele verschiedene Personen über einen langen Zeitraum an deren Entwicklung beteiligt waren, wurde eine für alle verbindliche Festlegung von Zeichen für bestimmte Objekte notwendig.

Die Einzelblätter solcher Kartenwerke wurden als Rahmenkarten flächenfüllend bearbeitet. Deshalb musste die Zeichenerklärung ausserhalb des Kartenfeldes Platz finden. Sie wurde somit zur *Randangabe*. Diese musste nicht am Rand der einzelnen Kartenblätter platziert sein, zum Teil wurde dafür auch ein gesondertes Blatt gedruckt. Im ersten Fall konnte die Zeichenerklärung aus Platzgründen häufig nicht vollständig abgebildet werden, da neben den Zeichen auch noch andere Angaben im Randbereich Platz haben mussten. Oft wurden aber auch diese zusätzlichen Angaben nur in gekürzter Form gedruckt. [FREITAG 1987]

Im Laufe der Zeit wurden immer mehr verschiedene räumliche Objekte in die Karte aufgenommen. Ebenfalls wurde eine immer grössere Vielfalt an graphischen Gestaltungsmöglichkeiten realisiert. Dies hat für die Kartenhersteller die Zeichenerklärung für

Konzeption und Konstruktion ins Zentrum gerückt, auf Kosten übriger Randangaben. Leider wird deshalb die Legende häufig statt eines umfassenderen Konzeptes auf die Zeichenerklärung beschränkt. [FREITAG 1987]

3.2.2 Legende und andere Randangaben

Imhof verwendet den Begriff «Legende» ausschliesslich für die Zeichenerklärung und schreibt im Kapitel «Kartentitel, Legenden und andere Beigaben» über Sinn und Zweck der Legende [IMHOF 1972, S. 245-253]. Der Titel mag sich despektierlich gegenüber der Legende anhören, inhaltlich hebt er aber deren Wichtigkeit hervor. Er behandelt dabei nicht nur die Legende in seinem Sinn (also als Zeichenerklärung) alleine, sondern zusammen mit diversen anderen Randangaben wie Titel, Autorennamen, Nordpfeil, Datum und einigen mehr. Dabei gewichtet er innerhalb dieser Randangaben nicht, sondern unterstreicht deren Bedeutung als Ganzes: *«So kann nicht genug betont werden, welche grosse Bedeutung für die Karte der inhaltlichen, sprachlichen und graphischen Form von Titeln, Legendentexten und anderen Zusatzelementen zukommt.»* [IMHOF 1972, S. 246]

Imhof [1972] weist insbesondere auf den Platzbedarf all dieser Zusatzelemente hin. Bei thematischen Karten sieht er diesen bei etwa einem Viertel bis einem Drittel des Kartenblattes, was bemerkenswert viel ist. Auch macht er sehr ausführliche Vorschläge zur graphischen Gestaltung und Anordnung dieser Zusatzelemente. Er betont dabei die logische Anordnung der Zeichenerklärung sowie die sorgfältige Verteilung aller Informationen auf dem Kartenblatt. Für ausgiebige Beschreibungen sei auf das genannte Kapitel von Imhof verwiesen.

3.2.3 Externe und interne Identifizierung

Bertin [1967,74] hatte in seinem Werk «Graphische Semiologie» in den 1960er Jahren die Legende zusammen mit dem Titel im Rahmen der Informationsübermittlung in einem eigenen Kapitel diskutiert und die Wichtigkeit deren Zusammenhanges betont. Seine Ausführungen seien im Folgenden zusammengefasst.

Für das Verständnis von Bertins Ausführungen sind zwei Begriffe von zentraler Bedeutung: die *Invariante* und die *Komponenten*. Mit Invariante bezeichnet er den Begriffsinhalt einer zu transkribierenden Information. Die verwendeten Variations-Begriffe bezeichnet er als Komponenten, oder, im Falle des graphischen Zeichensystems, als «visuelle Variable». Bei einer Karte bilden im Allgemeinen die beiden Dimensionen der Ebene zwei visuelle Komponenten, mindestens eine dritte kommt im Rahmen des Kartenthemas dazu. Letztere könnten zum Beispiel die Kantone der Schweiz sein, wenn es bei der Invariante um die politische Gliederung der Schweiz geht.

Beim Identifizieren der Information, die mit einer Karte kommuniziert werden soll, unterscheidet Bertin eine externe und eine interne Identifizierung. Die externe soll dem Nutzer *gedanklich* den Inhalt der Karteninformation (Invariante) wie auch die darin verwendeten Komponenten konkretisieren. Die interne soll die verwendeten visuellen Variablen (Komponenten: z.B. Farben, Grösse) *mittels einer Zeichnung* konkretisieren.

Das Konzept der *externen Identifizierung* baut auf der Erkenntnis auf, dass die Inhalte einer graphischen Darstellung (z.B. einer Karte) häufig ohne weitere Angaben nicht identifizierbar sind. Die Darstellung wird erst sinnvoll, wenn die Invariante und die Komponenten eindeutig und schnell erkannt werden können. Die externe Information besteht darin, die Invariante und alle Komponenten einer Information in deutlich lesbarer Schriftart und in gegliederter Form anzugeben, so dass jede Zweideutigkeit ausgeschlossen werden kann.

Nach dieser ersten gedanklichen Konkretisierung von Invariante und Komponenten muss der Betrachter im Rahmen der *internen Identifizierung* erkennen können, durch welche visuellen Variablen jede Komponente dargestellt wird. Wie bereits oben erwähnt, bilden bei Karten jeweils die beiden Dimensionen der Ebene bereits zwei Komponenten. Diese werden z.B. durch die Angabe von Koordinaten festgelegt. Kommen weitere Komponenten hinzu, müssen «*die visuellen Variationen der 3. Dimension (Farb-Muster-Variable)*» [BERTIN 1967,74, S. 32] genutzt werden: z.B. Variation der Signaturgrösse oder Variation der Farbe. Diese Variationen sind unabhängig von der Lage der Zeichen in der Ebene. Zur externen Identifizierung muss jede dieser Variablen der 3. Dimension in ihrer Variation dargestellt werden. Ebenfalls wird sie entsprechend der Komponente, die sie zum Ausdruck bringt, beschriftet. Weiter gilt es, die Stufen der Variablen (z.B. die verschiedenen Farben) den Kategorien der Komponente zuzuordnen. Das so entstandene graphische Ergebnis wird von Bertin als «Legende» bezeichnet.

Auch Bertin verknüpft in diesem Sinne die Zeichenerklärung direkt mit dem Begriff „Legende“. Es wird aber deutlich darauf hingewiesen, dass die Zeichenerklärung alleine für die Informationsübermittlung nicht ausreicht, dass sie nur eine von verschiedenen Notwendigkeiten ist. Die interne Identifizierung in Form der «Legende» ist nur bei einer Verknüpfung mit der externen Identifizierung sinnvoll. Ohne die beiden kann eine Karte nicht interpretiert werden, und sie sind deshalb beide von zentraler Bedeutung.

3.2.4 Inhalt, Art und Umfang der klassischen Legende

Anders als Imhof [1972] und Bertin [1967,74] (vgl. Kapitel 3.2.2 und 3.2.3) fasst Freitag [1987] den Begriff «Legende» auf. Für ihn ist die Legende nicht gleich der Zeichenerklärung, sondern die Zeichenerklärung ein Bestandteil der Legende. Die folgenden Ausführungen sollen Freitags Idee verdeutlichen.

Um der Frage nach dem notwendigen Inhalt einer Legende nachzugehen, macht Freitag Erläuterungen anhand des Vergleiches zwischen einem Satellitenbild und einer Satellitenbildkarte. Um das Satellitenbild als Werkzeug räumlicher Erkenntnis nutzen zu können, müssen die Art und das Mass der *räumlichen, sachlichen und zeitlichen Information* des Bildes bekannt sein. Dies wird durch eine Legende mitgeteilt. Erklärt die Legende nicht *alle* dieser drei Informationsbereiche, so wird das Bild nur von geringem Nutzen sein. Aus dieser Erkenntnis gelangt Freitag zu seiner Inhaltsdefinition für die Kartenlegende, da er davon ausgeht, dass der Sachverhalt, wie er beim Satellitenbild vorliegt, ebenso für jede Karte zutrifft. Diese Definition wurde bereits im Einführungskapitel (1.2) der vorliegenden Arbeit zitiert [FREITAG 1987, S. 44]:

«Die Kartenlegende muss so vollständig sein, dass aus der kartographischen Darstellung mit ihrer Hilfe jede primäre räumliche, sachliche und zeitliche Information erschlossen werden kann, und sie soll so übersichtlich gestaltet sein, dass die Informationsaufnahme aus der Karte sicher und schnell erfolgen kann und zur Gewinnung sekundärer Informationen anregt.»

Seine Definition impliziert auch, dass eine auf die Zeichenerklärung beschränkte Legende für eine vollständige Auswertung der Karte nicht genügt.

In Kapitel 3.1.3 wurde bei der Diskussion des kartographischen Kommunikationsprozesses darauf hingewiesen, dass der Kartennutzer anhand der Legende Rückschlüsse auf die ursprünglichen Daten ziehen kann. Diese Transkription und damit auch die Vorstellung des abgebildeten Raumes kann nur erreicht werden, wenn der Kartennutzer

- die graphischen Elemente der Karte sehen und unterscheiden,
- diese den Begriffen der Legende eindeutig zuordnen
- und letztere auch verstehen kann. [FREITAG 1987]

Durch diese Forderungen von Freitag wird deutlich, dass einerseits die gewählten Signaturen oder Farben einander nicht zu ähnlich gewählt werden dürfen, da sonst die Unterscheidbarkeit nicht mehr gewährleistet werden kann, und man andererseits daraus auch schliessen kann, dass die verwendete Signatur in der Legende möglichst exakt mit den in der Karte verwendeten übereinstimmen sollte, damit die Zuordnung richtig vollzogen werden kann.

Mit seiner Auslegung der Legende widerspricht Freitag aber *inhaltlich* den beiden Autoren Imhof und Bertin *nicht*, denn darin sind sich alle drei einig: Sowohl die Zeichenerklärung wie auch die weiteren Angaben wie der Kartentitel sind unerlässlich. Lediglich die Auslegung des Begriffes «Legende» ist verschieden.

3.2.5 Die klassische Legende in der Praxis

Die Vorgaben von Imhof, Bertin und Freitag sind bezüglich Legende recht umfangreich, lassen aber dennoch sehr viel Interpretationsspielraum offen; entsprechend vielfältig sind die Möglichkeiten, die Legende oder ihre einzelnen Komponenten zu gestalten.

So zum Beispiel postuliert Imhof [1972] eine logische Anordnung der Zeichenerklärung (Kap. 3.2.2), woraus man schliessen kann, dass im Falle von Werteangaben die Werte der Grösse nach geordnet werden sollen. Ob diese Werte aber in der Legende der Grösse nach von oben nach unten oder von unten nach oben (respektive von links nach rechts oder von rechts nach links) geordnet werden sollen, ist Interpretationssache.

Eine Umsicht in bestehenden Papierlegenden zeigt denn auch tatsächlich eine erstaunliche Variationsbreite von Umsetzungsarten von auf den ersten Blick an sich klar erscheinenden Tatsachen.

Trotz der vielen kleinen Detailunterschiede lassen sich drei Hauptgestaltungsvarianten bezüglich Anordnung der gedruckten Legenden ausmachen.

Die erste Variante (Abb. 3.2) ist vor allem bei Inselkarten anzutreffen: die einzelnen Legendeneinheiten werden direkt angrenzend an das Kartenbild positioniert und fliessen damit optisch ins Kartenbild mit ein. Die Anordnungsmöglichkeiten der einzelnen Legendenteile sind dabei sehr vielfältig. Imhof [1972] weist aber auf die Gefahr hin, dass die Versuchung einer unregelmässigen Legendenanordnung sehr gross ist und dass auch bei dieser Gestaltungsvariante eine Ausrichtung der Einzelteile untereinander anzustreben sei.

Vereinzelt ist diese Variante auch in Rahmenkarten anzutreffen. In diesem Fall werden die Legendenteile in gleicher Form wie bei der Inselkarte direkt ins Kartenbild gezeichnet, im Allgemeinen an einer für das Kartenthema unwichtigen Position (oft in eine grosse Wasserfläche).

Abb. 3.2 zeigt nur einen kleinen Ausschnitt der vollständigen Karte, mit einer Auswahl aus allen einzelnen Legendeneinheiten. Wird das gedruckte Original betrachtet, so wirken die Legendenteile besser ins Gesamtbild integriert und spannen alle zusammen einen optischen Rahmen als «Einfassung» der unregelmässigen Aussengrenze der Inselkarte auf.

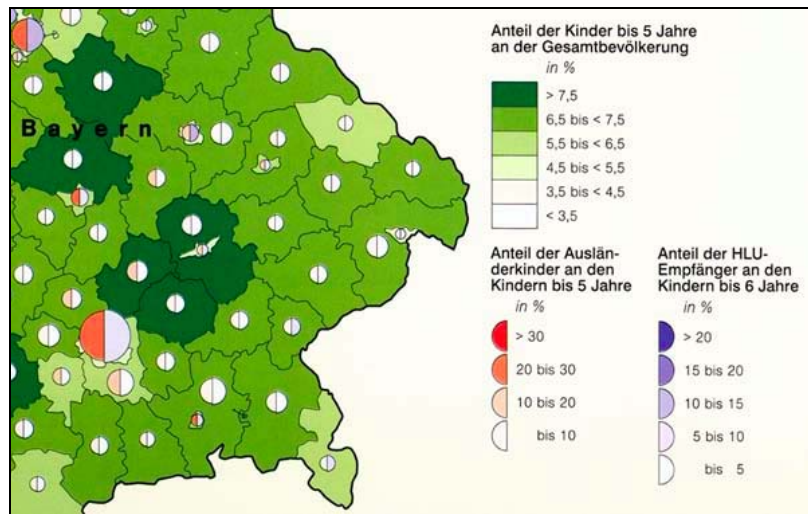


Abb. 3.2: Klassische Legende Variante 1: optische Integration ins Kartenbild [BRD ATLAS 2000]

Bei der zweiten Variante wird die Legende ins Kartenbild integriert, aber innerhalb eines separaten Rechteckes platziert (Abb. 3.3). Diese Version findet man oft bei Rahmenkarten. Es wird dabei versucht, das Legendenrechteck in einer relativ «leeren» Ecke der Karte unterzubringen. Oft bietet ein Ozeanteil einen solchen Platz; wenn das nicht möglich ist, dann erfolgt die Platzierung ausserhalb des interessierenden Themenbereiches, wie es im ausgewählten Beispiel der Fall ist.

Auf diese Weise wirkt die Legende unter Umständen mehr als Fremdkörper in der Karte. Dafür kann, besonders in optisch dichten Karten, die Lesbarkeit gegenüber der ersten Variante erhöht werden und für das Auge ist sofort erkennbar, wo die erklärenden Informationen zu finden sind. Die Fläche, die der Legende eingeräumt werden muss, ist in diesem Fall auf das nötige Minimum reduziert.

Die ausgewählte Abbildung zeigt wiederum nur einen Ausschnitt aus der Karte: die rechte untere Ecke. Eine zweite Legende befindet sich mit zusätzlichen Informationen ebenfalls in Form eines separaten Rechteckes in der linken unteren Ecke der gleichen Karte (in der Abbildung nicht sichtbar).

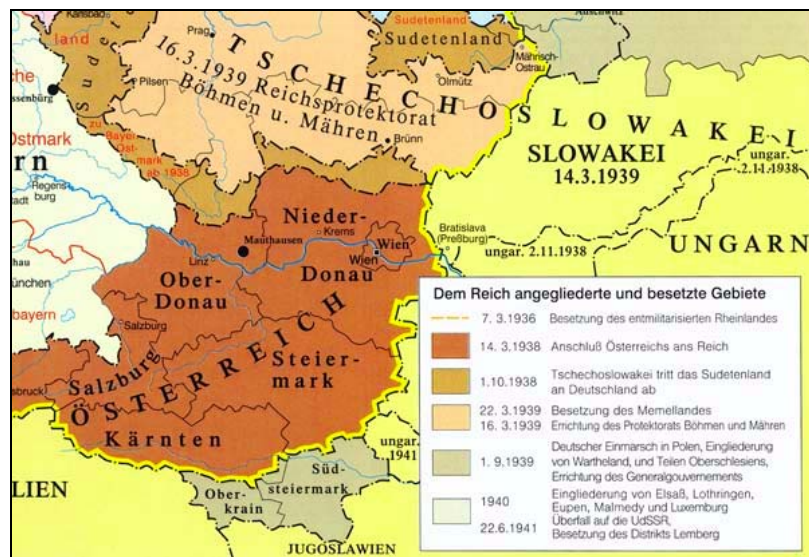


Abb. 3.3: Klassische Legende Variante 2: Integration ins Kartenbild in einem separaten, überlagernden Rechteck [BRD ATLAS 2000]

In der dritten Variante ist die Legende losgelöst vom Kartenbild (Abb. 3.4) und ausserhalb desselben platziert. Im Beispiel ist das Kartenbild auf allen vier Seiten von Legendenteilen umgeben, meistens beschränken sich diese jedoch auf eine Kolonne am linken oder rechten Kartenbildrand. Diese Form wird in der Regel ebenfalls bei Rahmenkarten angewendet [IMHOF 1972].

Auf diese Weise nimmt die Legende zwar relativ viel Platz ein. Wenn sie aber sehr ausführlich ist oder aus vielen Einzelgruppen besteht, bietet sich diese Variante an. In diesem Fall ist sie sogar Raum sparend und ermöglicht ein übersichtliches Gruppieren [IMHOF 1972].

Das Loslösen der Legende vom Kartenbild, wie es in der dritten Variante (Abb. 3.4) gemacht wird, eröffnet weitere Möglichkeiten. So ist es in gedruckten Atlanten beliebt, eine «Generallegende» für alle Basiskarten auszulagern und auf einer separaten Seite (oft auf den ersten oder letzten Seiten) zu präsentieren [z.B. SWA 2004]. Eine Legende für das jeweilige Kartenthema wird dann in das Kartenbild oder am Kartenrand integriert. Diese Form hat den Nachteil, dass die Legende der Basiskarte und die interessierende Karte nicht gleichzeitig angeschaut werden können, ein Blättern ist nötig.

Dieses Problem kann umgangen werden, indem die Generallegende auf eine ausklappbare Seite gedruckt wird, die so während des Blätterns im Atlas permanent daneben geöffnet bleiben kann. Die Legende kann nach diesem Prinzip auch auf ein separates Blatt gedruckt werden, z.B. in Form eines Buchzeichens, und ist so auch bei jeder Atlas-karte verfügbar.

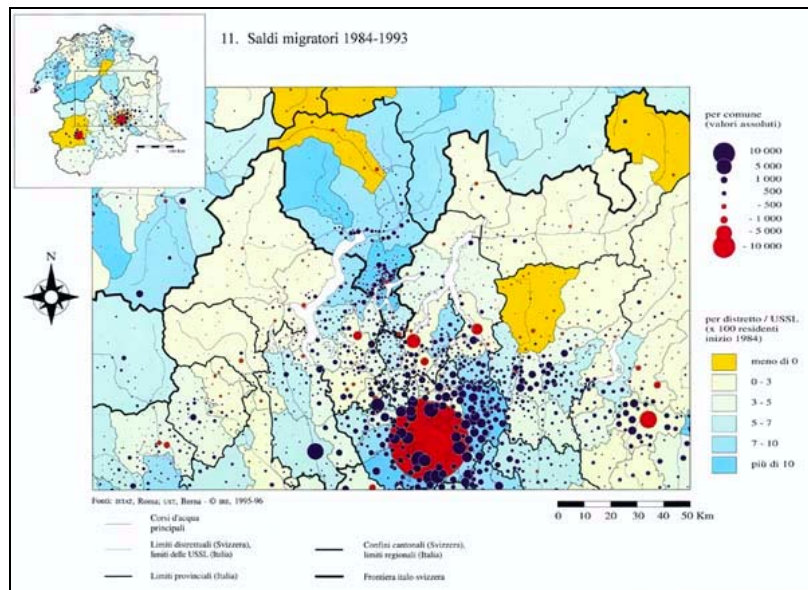


Abb. 3.4: Klassische Legende Variante 3: Legende ausserhalb des Kartenbildes [ATLANTE INSUBRICA 1997]

3.3 Digitale Legenden

Es wurde bereits in Kapitel 2.2 erwähnt, dass der Übergang von den gedruckten Karten hin zu bildschirmgestützten, interaktiven Kartensystemen von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung der Kartographie war. Die Vorteile, die sich daraus für digitale Karten wie auch digitale Atlanten ergeben haben, wurden in Kapitel 2.2.2 und 2.2.3 zusammengefasst. Es dürfte demnach erwartet werden, dass sich ähnliche Vorteile auch in der Entwicklung neuer Legendentechniken niedergeschlagen haben. Leider wird aber diese Erwartung bei weitem nicht immer erfüllt.

In Kapitel 2.3.1 wurde darauf hingewiesen, dass die ersten digitalen Karten oft in Form einer gescannten Papierkarte am Bildschirm angezeigt wurden. Während dieses Entwicklungsstatus wurde die Legende jeweils im gleichen Zuge mitgescannt oder gar weggelassen.

Es ist zu erwähnen, dass diese Form von Bildschirmkarten theoretisch eine gute Qualität zuliesse, indem die Originalkarte mit einer hohen Auflösung gescannt wird. Dadurch bietet die Karte grundsätzlich die früher genannten Vorteile der Papierkarte, wenn auch mit leichten Abstrichen, da auch bei hoher Auflösung beim Scannen nicht die Schärfe einer gedruckten Karte erreicht werden kann. Die Nachteile häufen sich aber auch bei guter Qualität: weil Legende und Karte in der gleichen statischen Graphik liegen, ist es oft schwierig, die beiden gleichzeitig im Bildschirmausschnitt zu sehen und dennoch die Details der Karte erkennen zu können.

Aus Gründen des hohen Speicherplatzbedarfes und langer Ladezeiten wurden Karten allerdings selten in hoher Auflösung gescannt. Entsprechend war die graphische

Qualität meistens schlecht, ein Unterscheiden der einzelnen Kategorien nur mit Mühe möglich.

Bei der danach aufkommenden Variante, bei der die Karten zwar am Computer gezeichnet werden, danach aber als statische Graphik (z.B. JPEG) gespeichert und präsentiert werden, hat sich das zuvor genannte Problem nicht gelöst; die genau gleichen Probleme treten auf.

Neuere Karten werden vermehrt in einem Vektorgraphikformat dargestellt. Damit ist das Potential gegeben, dass Karten in hoher graphischer Qualität am Bildschirm erscheinen – was jedoch keine Garantie ist, dass dies zu einer nach kartographischen Kriterien «guten» Karte führt.

Dieses Potential könnte auch für die Legende genutzt werden. Eine Umschau zeigt jedoch, dass nur ganz selten Anstrengungen in Richtung einer benutzerfreundlicheren Legende unternommen werden. Dieser Sachverhalt sei im Folgenden anhand eines aktuellen Beispiels illustriert, es steht aber stellvertretend für eine Vielzahl von Bildschirmdkarten und Legenden.

3.3.1 Probleme bei digitalen Legenden: ein Beispiel

Die USA bieten einen Online-Nationalatlas an, in dem eine Vielzahl von Kartenthemen zur Verfügung stehen [US NATIONALATLAS URL 2006]. Durch Kombination diverser Kartenthemen, d.h. durch gleichzeitiges Einblenden mehrerer Ebenen, lassen sich sehr viele Karten nach den eigenen Bedürfnissen erstellen. Dabei stehen verschiedene Basiskarten zur Verfügung, denen dann diverse (vorgegebene) Themen überlagert werden können.

In der nachfolgenden Diskussion wird das Augenmerk nur auf die Umsetzung im Zusammenhang mit der *Legende* gerichtet. Das GUI an sich, die graphische Qualität, die kartographische Gestaltung wie auch die interaktiven Funktionsmöglichkeiten der Karte werden dabei nicht beurteilt.

Im unten abgebildeten Beispiel (Abb. 3.5) wurde «*Streams and Waterbodies*» (Gewässernetz) der Vereinigten Staaten als Karte ausgewählt [US NATIONALATLAS URL 2006]. Mittels Zoomen und Pannen wurde zum Grossen Salzsee (Utah) navigiert und dieser als Kartenausschnitt festgelegt.

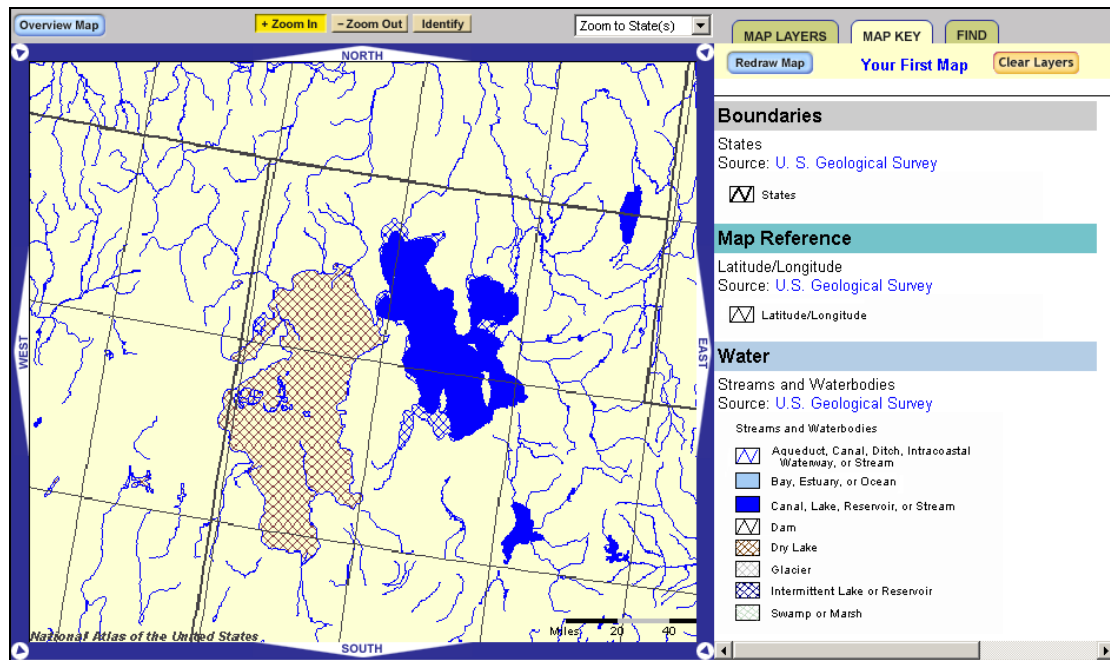


Abb. 3.5: Digitale Legende: Grenzen, Kartenreferenzen und Gewässer [US NATIONALATLAS URL 2006]

Die Legende ist aufrufbar unter dem sinnvollen Reiterlabel «Map Key» oder über einen gleichnamigen Link unterhalb der Karte (letzterer ist in Abb. 3.5 nicht sichtbar). Beim genaueren Betrachten der Legende fallen verschiedene Dinge auf:

- Innerhalb der Legende werden drei voneinander getrennte Einheiten gebildet: Grenzen, Kartenreferenzen (geographische Länge und Breite) und das Gewässer. Dies entspricht durchaus den Forderungen von Imhof [1972] nach einer logischen Gliederung der Legende (vgl. Kapitel 3.2.2). Die Anordnung der Einheiten untereinander aber erscheint dann weniger logisch: Weshalb erscheinen die Basiselemente «Grenzen» und «Koordinatennetz» an oberster Stelle, wenn doch als Thema das Gewässernetz gewählt wurde? Die Erklärung ist zwar einfach, entspricht aber keinem kartographischen Konzept: Die jeweiligen Einheiten werden alphabetisch geordnet.
- Die einzelnen Kategorien sind untereinander am Bildschirm kaum zu unterscheiden: «Latitude/Longitude», «Aqueduct, ...» und «Dam», «Dry Lake» und «Intermittent Lake» oder «Glacier» und «Swamp» sind im Original auf der Webseite nicht mit Sicherheit voneinander zu trennen.¹²
- Drei der acht Kategorien des Themas sind im gewählten Kartenausschnitt sehr wahrscheinlich nicht vorzufinden: «Bay, Estuary, ...», «Glacier» und «Swamp».

¹² Beim Farbdruck auf Papier sind die Kategorien wesentlich besser zu unterscheiden als dies am Bildschirm der Fall ist.

Dies kann jedoch nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Man kann nur annehmen, dass in dieser geographischen Lage keine Gletscher vorzufinden sind. Eine Bucht oder das Meer hätte auf der Karte wahrscheinlich eine Ausdehnung, die ins Auge springen würde, auch diese Annahme kann aber falsch sein. Noch schwieriger ist es mit den Sümpfen, die unter Umständen vorkommen könnten, aber bei dieser Zoomstufe noch nicht identifizierbar wären.

- Über die Kategorie «Dam» lässt sich gar nichts aussagen. Es ist weder klar, welches Aussehen sie in der Karte hätten, noch ob sie überhaupt vorkommen.
- Das Objekt «Stream» wird in zwei Kategorien gleichzeitig aufgeführt. Erst durch Überlegungen, die nicht aufgrund der Karte gemacht werden können, kann vermutet werden, dass wahrscheinlich das eine Mal ein Fluss, das andere Mal ein verbreiteter, seeähnlicher Fluss gemeint ist.
- Beim Label der Kategorie «Aqueduct, Canal, Ditch, Intracoastal Waterway, or Stream» sind die fünf einzelnen Objekte ebenfalls alphabetisch geordnet. Es ist jedoch anzunehmen, dass die allermeisten blauen linienartigen Objekte in der Karte Flüsse darstellen. Die Gefahr ist aber gross, dass ein Nutzer bei einem derart langen Label nicht bis zum Schluss liest und dadurch die Zuordnung der Flüsse zu dieser Kategorie übersieht, obschon sie den Hauptbestandteil ausmachen würden.

Noch viel schwieriger wird die Situation, wenn dieser (verhältnismässig einfachen) Karte ein weiteres Thema überlagert wird (Abb. 3.6).

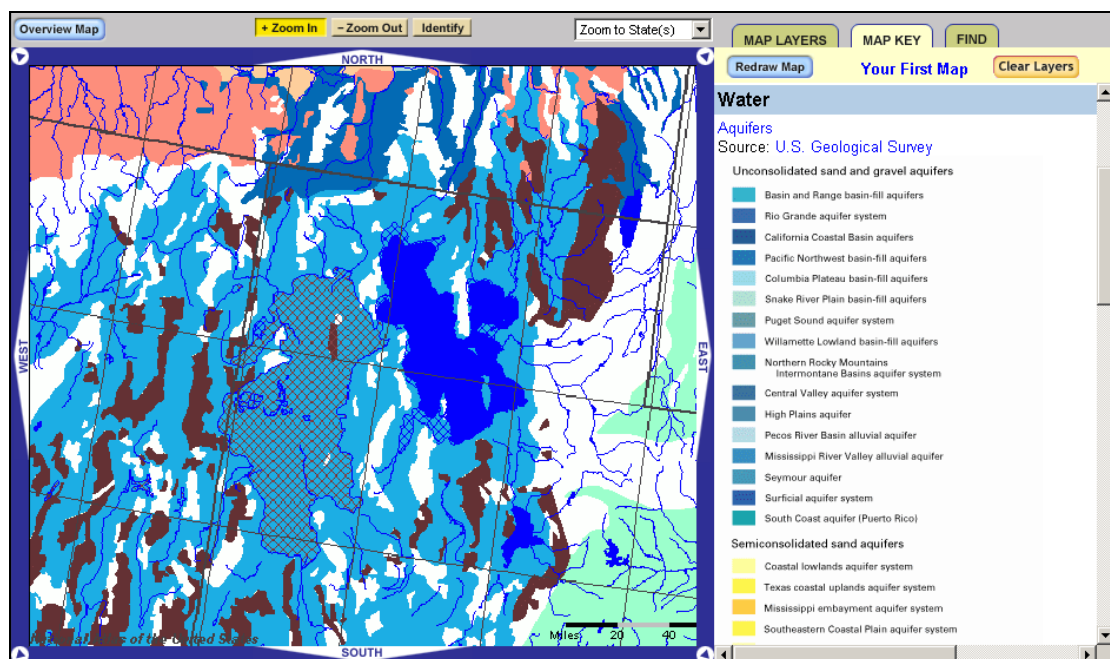


Abb. 3.6: Digitale Legende: Grenzen, Kartenreferenzen und Gewässer mit überlagertem Thema Grundwasserleiter [US NATIONALATLAS URL 2006]

Als Beispiel wurde ein zweites Thema aus dem Themenbereich «Wasser» ausgewählt: «*Aquifers*» (Grundwasserleiter), zusätzlich zum vorhin bereits dargestellten Thema «*Streams and Waterbodies*». Diese beiden Untereinheiten werden in der Legende nach dem gleichen Prinzip wie oben beschrieben angeordnet: alphabetisch. So kommt das neue Thema «*Aquifers*» oberhalb der «*Streams and Waterbodies*» zu liegen, unter dem beide zusammenfassenden Titel «*Water*». Dieser wiederum steht wie schon in Abb. 3.5 an dritter Stelle, unterhalb «*Boundaries*» und «*Map Reference*». Für die Abb. 3.6 wurde in der Legende bereits nach unten gescrollt, um den neu eingeblendeten Teil der Legende zu zeigen.

Die im Zusammenhang mit Abb. 3.5 beschriebenen Probleme verschärfen sich im Falle von mehreren Themen (respektive mit einer Vielzahl von Kategorien):

- Mit dem Einblenden des zweiten Themas (Grundwasserleiter) werden der Karte 62 zusätzliche Kategorien hinzugefügt (20 davon sind in Abb. 3.6 sichtbar). Auch in einer auf Papier gedruckten Legende ist es schwierig, eine so grosse Anzahl an Kategorien farblich eindeutig unterscheidbar zu gestalten. Bei der Darstellung am Bildschirm ist dieser Anspruch noch unrealistischer.
- Im aktuellen Kartenausschnitt sind wahrscheinlich sieben der total 62 Kategorien des zweiten Themas sichtbar. Es ist unmöglich, die sieben zugehörigen Kategorienüberschriften ohne Zweifel aus der Legende herauszusuchen. Die Suche wird durch das unumgängliche, ausschweifende Scrollen in der Legende erschwert. Es drängt sich die Frage auf, weshalb die 55 nicht vorkommenden Kategorien überhaupt in der Legende erscheinen.
- Obschon die Karte relativ viele Interaktionsmöglichkeiten bietet, fehlen diese in der Legende gänzlich. Sie liegt wie bei einer Papierkarte als starres Bild vor, mit dem Nachteil, dass die komplette Legende nicht auf einmal sichtbar ist.

Die Legende ist in dieser Form eigentlich unbrauchbar, da mit ihr keine Zuordnung erfolgen kann. Sie erfüllt damit ihre Hauptaufgabe der Zeichenerklärung nicht.

Auf ähnliche Probleme im Zusammenhang mit der Legende sind auch Kramers [2005] und sein Team bei der Weiterentwicklung des «Atlas of Canada» gestossen. Sie hatten 1999 erkannt, dass die damals verwendete Legende den Nutzer nur sehr beschränkt unterstützen konnte und wendeten in den folgenden Jahren viel Mühe auf, um die Legende systematisch zu verbessern. Auf ihre Erkenntnisse wird detaillierter bei der Diskussion der Resultate der vorliegenden Arbeit eingegangen (Kapitel 8.2).

Eine eindeutige Identifizierung ist aber im Nationalatlas der USA (meistens) dennoch gewährleistet: über den Button «*Identify*» ist es möglich, mittels eines Klicks in die Karte die Attribute des zugehörigen Ortes abzufragen. Die Werte erscheinen in einem Popup,

werden in Textform klar strukturiert aufgelistet (Abb. 3.7) und können damit in Ruhe herausgelesen werden.

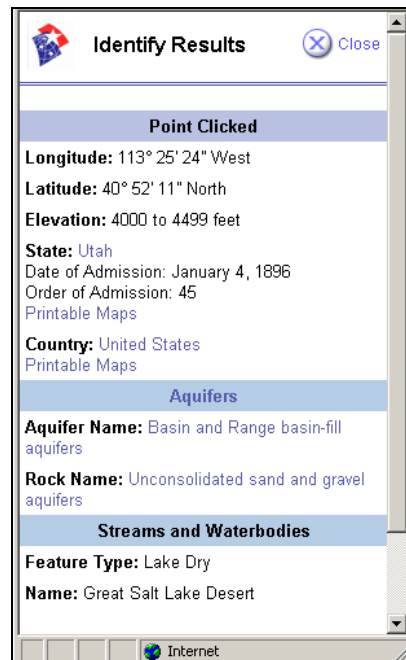


Abb. 3.7: Eindeutige Identifizierung des Grossen Salzsees im Nationalatlas der USA [US NATIONALATLAS URL 2006]

Zu dieser Form gilt es aber folgendes zu bemerken:

- Sobald die Maus nach dem Klicken (versehentlich) bewegt wird, ist nicht mehr nachvollziehbar, wo exakt der Klick stattgefunden hat. Die Information im Fenster verliert damit an Bedeutung, ein erneutes Klicken und somit eine weitere Anfrage an den Server wird nötig.
- Da dieses Fenster jedes Mal unveränderbar am gleichen Ort erscheint, verdeckt es unter Umständen die interessierende Stelle in der Karte. Der Nutzer ist gezwungen, erst in der Karte zu navigieren, um den Ort des Klickens und die Information gleichzeitig zu sehen. Dadurch sieht er aber nicht mehr den ursprünglich gewünschten Kartenausschnitt.
- Das oft am meisten interessierende Attribut der Kategoriezuordnung (Kategorie respektive Label des angeklickten Objektes) erscheint im Fenster unterhalb der Metadaten und ist je nachdem nur mit Scrollen sichtbar. Die Koordinaten, welche an erster Stelle stehen, sind aber bereits ohne ein Klicken sichtbar, da diese permanent in die Statuszeile des geöffneten Browserfensters geschrieben werden.
- Die eindeutige Informationsaufnahme aus der Karte kann damit nur durch viele zeitlich getrennte Klicks und (in einem separaten Fenster) Text lesend erfolgen.

Damit ist aber die Grundidee einer Karte, Informationsübermittlung mittels *graphischer* Darstellung raum-zeitlicher Informationen [HAKE ET AL. 2002], nicht mehr gegeben. Für den Kartennutzer wird dadurch die Informationsaufnahme erschwert und verlangsamt.

Gewiss, das in diesem Kapitel in aller Länge ausgeführte Beispiel hat nicht für alle Bildschirmkarten Gültigkeit und nicht alle Bildschirmkartenlegenden weisen die gleichen Schwachstellen auf. Dennoch wird man bei einer Vielzahl von Bildschirmlegenden auf Probleme stossen, die ihren Ursprung an vergleichbaren Orten wie die im geschilderten Beispiel haben.

Das Beispiel sollte zeigen, dass der Legende beim Entwickeln von Karteninformationssystemen offensichtlich oft noch immer zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Dies ist eigentlich erstaunlich, denn es wird wohl niemand bestreiten, dass das schnelle Erkennen der Bedeutung jedes Kartenzeichens oder jeder Kartenfarbe für die Informationsaufnahme unabdingbar ist.

3.3.2 Lexikalische Definitionen der digitalen Legende

Dass bei einer solchen Legende Verbesserungspotential besteht, ist offensichtlich. Wenn sich nun aber ein Entwickler informieren will, um Verbesserungen in seinem Produkt vorzunehmen und sich dabei an Lexika hält, findet er nur selten unterstützende Informationen. Im Lexikon der Geoinformatik von Bill & Zehner [2001] wird einmal mehr die Legende als Teil der Karte definiert, welcher die in der Karte verwendeten Symbole, Farben und Schraffuren erklärt und die Zuordnung von Attributkategorien räumlicher Objekte zu graphischen Darstellungen dokumentiert. Und unter dem Stichwort «Zeichen-erklärung» ist dann inhaltlich nochmals die gleiche Definition zu finden. Ergänzende Hinweise, wie das Potential der Legende erhöht werden könnte, fehlen aber gänzlich.

Das gleiche Bild zeigt sich beim online GIS-Wörterbuch der Kansas Association of Mappers. Auch hier wird die Legende als «*An explanation of the symbols, codes, names given to variables and other information appearing on a map drawing or chart*» definiert [GIS DICTIONARY URL 2006].

Jedoch nicht alle Wörterbücher beschränken ihre Informationen zur Legende auf dieses Minimum. Bollmann & Koch [2002] zum Beispiel gehen einen grossen Schritt weiter und packen schon sehr viel wichtige Information in ihre Ausführung zur Legende. Sie erwähnen ebenso die zentrale Funktion der Erklärung der Farben und Zeichen wie auch den Hinweis, dass die Legende als Gesamtheit der Erklärungen und Erläuterungen auf einem Kartenblatt gesehen werden kann. Weiter weisen sie darauf hin, dass diese Erklärungen graphisch, numerisch oder verbal erfolgen können. Sie unterstreichen ihre Aussage ebenfalls mit dem Hinweis, dass die Legende im Kontext mit dem Kartentitel den

Schlüssel für das Verständnis der Karte und die Erschliessung ihres Inhaltes liefert. Ebenfalls liefern sie sechs Merkpunkte zu Inhalt und Gestaltung der Legende, die sich aber ebenso auf digitale wie analoge Legenden anwenden lassen und im Kern, wenn auch weniger explizit, auch schon in den Aussagen von Bertin und Imhof enthalten sind.

Wesentlich und ergänzend zu anderen Definitionen sind aber vor allem ihre im zweiten Teil gemachten Ausführungen zur Legende von Bildschirmkarten. Erwähnt wird, dass bereits bedingt durch die Auflösung und das Format des Bildschirmes Besonderheiten auftreten. Sie sehen sie bevorzugt am rechten Bildschirmrand, machen aber auch auf die Möglichkeit einer verschiebbaren und in der Grösse variierbaren Legende aufmerksam. Sie nennen auch das Problem, das sich bei der Interpretation der Zeichen ergibt, wenn durch Zoomen in der Karte die Zeichengrösse im Kartenausschnitt nicht mehr mit derjenigen in der Legende übereinstimmt. [BOLLMANN & KOCH 2002]

Schliesslich nennen sie auch noch wesentliche Punkte, die auf das erhöhte Potential einer interaktiven Legende hinweisen. Diese werden im folgenden Kapitel aufgeführt.

3.4 Interaktive Legenden

In der Fachliteratur widmen sich nicht allzu viele Veröffentlichungen dem Thema des potentiellen Konstruktionsprinzips von digitalen Legenden oder der Interaktivität von Legenden. Dennoch wurden seit bald zehn Jahren hin und wieder Beiträge publiziert, die das Thema mehr oder weniger ausführlich anschnitten. Im Folgenden soll darüber ein Überblick gegeben werden.

Kraak et al. [1997] hatten darauf aufmerksam gemacht, dass die Legende in ihrer statischen Form für die Benutzung am Bildschirm nicht immer geeignet ist. Am Beispiel von Zeitanimationen haben sie gezeigt, dass es für den Nutzer schwierig ist, den Animationen zu folgen und gleichzeitig die Legende (z.B. mit der Information zum aktuellen Zeitpunkt der Animation) im Auge zu behalten. Sie schlugen deshalb vor, die Legende mit akustischen oder visuellen Effekten zu erweitern: Mit akustischen Signalen könnten wichtige Zeitpunkte (z.B. Monats-/Jahreswechsel) markiert werden, so dass sich der Nutzer weiter auf die Animation konzentrieren und die Zeitpunktinformation über das Ohr aufnehmen kann. Unter den visuellen Effekten stellten sich Kraak et al. vor, dass z.B. während einer Animation der Tag-/Nachtrhythmus durch Abdunkeln respektive Aufhellen des Bildschirms verdeutlicht werden könnte. Sie weisen aber auch auf die Gefahr hin, dass eine animierte Legende die Aufmerksamkeit des Nutzers weg von der Karte ziehen kann.

Auch Peterson [1999] beschäftigte sich mit zeitlichen Abläufen in Karten. Er wählte aber einen anderen Ansatz und gestaltete die Legende als aktiven Teil der Karte, mit deren Hilfe der Karteninhalt animiert werden kann. Die erklärenden Signaturen übernehmen

dabei gleichzeitig Steuerungsaufgaben für die Animation. Dadurch wird dem Nutzer das Erkennen von räumlich-zeitlichen Mustern erleichtert.

Eine «eingebettete Legende» schlägt Miller [1999] vor. Die Idee dabei ist, dass in einer interaktiven Karte jedem Kartenelement nicht nur das Aussehen, sondern auch zusätzliche individuelle Information (Attribute), zugewiesen werden kann. Sie nennt diese Art von Symbolen «*self-describing symbols*». Die Information kann auf Wunsch des Nutzers abgefragt werden, z.B. durch ein Überfahren des Elementes mit dem Cursor. Wo die Information angezeigt wird, wird von Miller nicht weiter konkretisiert, es sind aber diverse Varianten denkbar, vgl. dazu Kapitel 9.1 und 9.4.5. Mit diesem Prinzip ist es möglich, dass Objekte (z.B. Kirchen) zwar die gleiche Signatur zugewiesen bekommen, aber dennoch individuelle Angaben zum einzelnen Objekt gemacht werden können.

Lobben & Patton [2003] gaben Richtlinien für das Design von digitalen Atlanten heraus und weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die Legende entweder statisch oder interaktiv umgesetzt werden kann. Bei der interaktiven Variante schlagen sie neben der Methode der *self-describing symbols* von Miller eine hierarchische Gliederung der Legende vor. Verschiedene Kategorien werden dabei zu einer übergeordneten zusammengefasst (z.B. unterschiedliche Strassenklassen werden unter dem Namen «Strassen» geführt) und auf Wunsch können dann die jeweiligen Unterkategorien angezeigt werden.

Bollmann & Koch [2002] weisen auf Möglichkeiten hin, wie die Legende durch einen erhöhten Grad an Interaktivität ausgestattet werden könnte. Damit könnte sie auf Eingaben des Nutzers reagieren und verändert werden (vgl. auch Kapitel 2.4.1). Sie erwähnen die Variante, dass durch einen Klick auf eine Legendenkategorie die entsprechende Ebene in der Karte ein- oder ausgeblendet werden kann. Des Weiteren schlagen sie vor, dass Funktionen zur Veränderung von graphischen Parametern (z.B. Farben) oder der Klassifikation der dargestellten Daten implementiert werden könnten. Ihre Idee kann wie unten abgebildet graphisch zusammengefasst werden (Abb. 3.8).

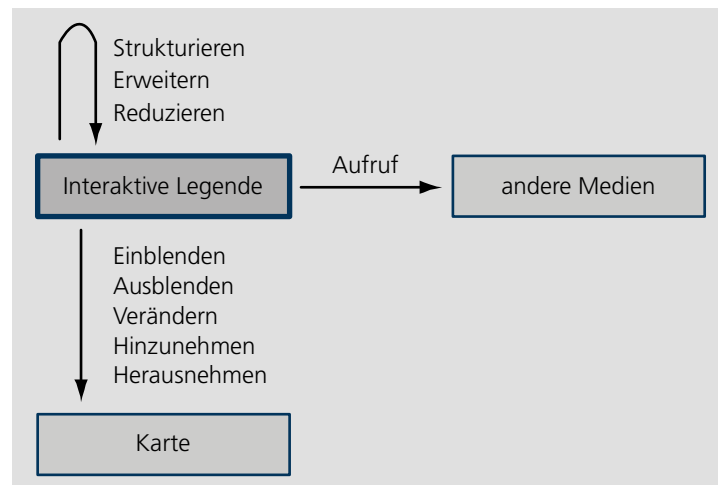


Abb. 3.8: Funktionale Beziehung von interaktiver Legende zur Karte und anderen Medien [nach BOLLMANN & KOCH 2001, modifiziert]

Bollmann & Koch machen mit ihrer oben beschriebenen Auslegung der Aufgabe der Legende einen entscheidenden Schritt: Der ursprünglich lediglich erklärende Charakter der Legende wird dadurch wesentlich erweitert. Sie schneiden damit eigentlich die Idee an, die auch der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt: die interaktive Legende als zentrales Element der Karte zu betrachten, über welches Zustand und Inhalt der Karte gesteuert werden können.

Die oben aufgeführten Ansätze von Interaktionen in der Legende haben jedoch eines gemeinsam. Sie alle beschränken sich auf einzelne Funktionen in oder Teilaspekte der Legende. So fokussieren Kraak [1997] oder Peterson [1999] bei ihren Tests ausschliesslich auf Fragen, die sich im Zusammenhang mit der Animation ergeben. Ein zusammenhängendes, weiter greifendes Konzept zur interaktiven Legende fehlt jedoch.

Auch Bollmann & Koch [2002] erwähnen zwar, dass mit Interaktionen Mehrwerte wie oben beschrieben erreicht werden können, aber auch ihre Ausführungen beschränken sich auf einige (gute) konkrete Umsetzungsmöglichkeiten.

Im folgenden Kapitel wird versucht, diesen Schritt zu machen und genauer herauszuarbeiten, wo der Unterschied liegt zwischen einzelnen interaktiven Funktionen der Legende und einer von der Idee her umfassenderen interaktiven Legende: der *Smart Legend*.

4 Von der interaktiven Legende zur «Smart Legend»

Die Fähigkeit zur Interaktion alleine macht noch keine smarte (=intelligente) Legende aus. Es geht in diesem Kapitel darum, diese unscharfe Grenze genauer auszuloten.

Zu Beginn werden oben erwähnte Beiträge zu Interaktionen in Legenden nochmals aufgegriffen und im Zusammenhang eingeordnet (Abschnitt 4.1). In der Diskussion der Möglichkeiten von Legenden werden danach fünf Komponenten herausgearbeitet, denen die Einzelbestandteile von interaktiven Legenden zugeordnet werden können (4.2). Die Komponenten können bei der Planung einer Legende berücksichtigt werden.

Bei der Erarbeitung der *Smart Legend* werden zwei Arten von Interaktionen dargelegt, die für die Umsetzung von zentraler Bedeutung sind (4.3.1). Sie werden danach in einem Stufenmodell von interaktiven Legenden berücksichtigt (4.3.2). Zum Schluss werden Ideen skizziert, wie bereits bei einfachen Legenden entscheidende Mehrwerte erzielt werden können (4.3.3), ehe diese Legenden im letzten Abschnitt zu einem *Legend Center* ausgebaut werden (4.3.4).

Die Kernpunkte der Überlegungen, die in diesem Kapitel detailliert ausgeführt werden, wurden in einer ersten Form bereits in Sieber et al. [2005] präsentiert. Der dort erläuterte Aufbau der interaktiven Legende, basierend auf sieben Komponenten, wurde aber grundlegend überarbeitet, wesentlich abgeändert, erweitert und klarer strukturiert.

4.1 Einzelaspekte von interaktiven Legenden

Wie bereits in Kapitel 3.4 beschrieben, zielen die genannten Untersuchungen von Kraak [1997] und Peterson [1999] auf einzelne, losgelöste Interaktionen, die versuchen, im spezifischen Gebiet der «Animationssteuerung» einen Mehrwert zu erreichen. Der eigentliche Hauptbeitrag der Legende als Zeichenerklärung und Interpretationsschlüssel wird aber nicht untersucht und grösstenteils ausgeblendet.

Die Beiträge der genannten Autoren sind damit eher im Gebiet der Weiterentwicklung von Animationssystemen zu sehen. Wenn auch Animationen das Erkennen von raumzeitlichen Mustern wesentlich vereinfachen können und damit von der Wirkungsweise her ähnliche Aufgaben wie die Legende übernehmen, bleibt die Frage, ob die Tools zur Steuerung der Animation überhaupt Teil der Legende sind oder sein sollen. Für weiter-

führende Gedanken zu dieser Frage sei auf die Diskussion der Resultate der vorliegenden Arbeit in Kapitel 8.2.6 verwiesen.

Suzette Millers [1999] Idee der eingebetteten Legende (s. Kapitel 3.4) befasst sich dagegen schon wesentlich konkreter mit der Legende als Erklärung der Symbole. Mit den *self-describing symbols* betrachtet Miller die Frage, wie dem Nutzer die Information zu einem Objekt übermittelt werden kann. Sie schlägt so eine Methode der «Informationsanreicherung» vor, die viele Interpretationsvarianten ermöglicht und damit ein grosses Potential enthält. Allerdings betrachtet auch sie dieses Thema nicht in einem Gesamtzusammenhang der Legende, sondern als einen losgelösten Vorschlag zur Gestaltung einer interaktiven Karte.

Auch der Vorschlag von Lobben & Patton [2003] der hierarchischen Strukturierung (s. Kapitel 3.4) bezieht sich auf eine konkrete Problematik, wenn eine grosse Anzahl von Ebenen vorhanden ist, und gibt damit eine Möglichkeit vor, wie mit dem Thema des «Ebenenmanagements» umgegangen werden kann. Zu diesem Thema machen Bollmann & Koch [2002] weitere Vorschläge (s. ebenfalls Kapitel 3.4). Sie ergänzen diese mit interessanten Möglichkeiten, die der Steuerung der «Graphik» als Ganzes dienen.

Die genannten Beispiele sind damit alle interessant und brauchbar, und sie können bei der Planung der Legende berücksichtigt werden. Eine optimale smarte Legende ist aber nicht unbedingt die Summe von vielen kleinen Einzelinteraktionen. Die schwierige Frage ist also, welche Einzelteile in welcher Art und Weise kombiniert werden müssen, damit der Nutzer optimal mit der Legende interagieren kann und die Benutzerfreundlichkeit in hohem Masse gegeben ist.

4.2 Fünf Komponenten der interaktiven Legende

Wie im Kapitel 3 ausgeführt, gibt es unzählige verschiedene Arten, die Legende umzusetzen. Die Vielfalt, auf welche Weise ein und derselbe Inhalt umgesetzt wird, ist bereits bei den Papierlegenden riesig. Durch die Interaktionsvielfalt wurden die Möglichkeiten noch wesentlich erweitert. Es erscheint deshalb angebracht zu versuchen, ein ordnendes System in diese unüberschaubare Reichhaltigkeit zu bringen.

Für die in diesem Kapitel geführte Diskussion ist es wichtig, den Begriff «Legende» etwas genauer zu definieren, wie er in der vorliegenden Arbeit verstanden wird. Ähnlich wie im auf Freitags [1987] Ausführungen basierenden Kapitel 3.2.4 beschrieben, beinhaltet die Legende mehr als nur die Zeichenerklärung. Jedoch hat sich die Situation für die Legende seit Freitags Ausführungen vor 20 Jahren mit der Einführung der digitalen Systeme grundsätzlich verändert: Im Gegensatz zur Papierkarte muss heute nicht mehr die komplette Information mit Kartenthema, Zeichenerklärung und allen Randangaben *gleichzeitig* sichtbar sein.

Die Legende ist der Schlüssel zur Karte und muss deshalb den Zugang zu den visualisierten Daten garantieren. Sie hat damit einen direkten thematischen Bezug. Weiter muss sie einen Überblick geben über die dargestellten klassierten Daten oder die verwendeten Signaturen. Es ist aber nicht in erster Linie ihre Aufgabe, Auskunft über Attributwerte von einzelnen Objekten zu geben.

Elemente, die zum Erreichen dieser Ziele führen, werden als Legendenelemente bezeichnet. Die Gruppe der Kernelemente bezieht sich auf einzelne Kategorien oder Klassen der Karte, wie z.B. die erklärende Beschriftung zu einer Signatur oder das Farbfeld einer bestimmten Kategorie. Andere Legendenelemente aber weisen einen weiter gefassten Bezug zum Thema der Karte auf, wie z.B. die Legendenüberschrift oder der Massstabsbalken.

Beide Arten haben ihre Berechtigung in der Legende. Eine exakte Trennung zwischen den beiden ist aber zum Teil schwierig und ändert unter Umständen je nach Kartenthema. Insbesondere die Legendenelemente mit einem weiter gefassten Bezug zum Thema sind weniger eindeutig Bestandteile der Legende und können je nach Situation auch aus der Legende ausgegliedert und in einem anderen Zusammenhang untergebracht werden.

Eine im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Analyse von zahlreichen *analogen und digitalen* Legenden führte zu einer neuen Betrachtungsweise von Faktoren, die die Legendengestaltung beeinflussen. Dabei wurde versucht, alle gesichteten Darstellungsarten, Umsetzungsmöglichkeiten, Inhalte und Funktionalitäten, welche in Legenden auftreten können, zu ordnen und nach Funktionalitätskriterien zu gruppieren.

Sämtliche Bestandteile und Funktionalitäten von interaktiven Legenden lassen sich demnach, sofern man von einem rein funktionellen Standpunkt aus kategorisiert, in fünf Komponenten klassifizieren (s. auch Abb. 4.1): Visualisierung, Analyse, Dimensionalität, Randangaben und Layout. Sie bestimmen je nach Situation in unterschiedlichem Ausmass das Aussehen, die Anordnung und die Funktionsweise der interaktiven Legende und können bei der Planung einer interaktiven Legende als Entscheidungshilfe berücksichtigt werden.

Die *Visualisierung* kann als die wichtigste Komponente aufgefasst werden, wenn man sie im Zusammenhang mit der Aufgabe der Legende als Zeichenerklärung betrachtet. Sie bestimmt, wie die Kartenelemente oder die visualisierten Daten präsentiert werden. Für die Symbolisierung eines natürlichen Objekts zum Beispiel steht eine Vielzahl von Signaturen zur Verfügung, deren Grösse und Farbe zusätzlich noch variiert und die damit der gegebenen Situation angepasst werden können, ebenso wie ein Übergang von geometrischen zu figürlichen Darstellungen – oder umgekehrt – denkbar ist. Diese Variationsformen stehen nicht nur für Punktsignaturen, sondern auch für jedes andere Kartenelement zur Verfügung, genauso wie jede einzelne Kartenebene visuell ver-

schieden in die Legende aufgenommen werden kann. Durch die Festlegung der Parameter innerhalb dieser Komponente kann damit direkt bestimmt werden, wie gut einzelne Kartenelemente erkannt und voneinander unterschieden werden können.

Die *Analyse* ist eine weitere sehr wichtige Komponente und vereinigt alle Bestandteile der Legende, welche der Manipulation und Exploration der visualisierten Daten dienen. Diese «explorative Datenanalyse» wird durch eine Reihe von spezifischen Darstellungsformen und Interaktionstools ermöglicht. So können statt der (oder zusätzlich zur) klassischen Zeichenerklärung Tabellen, Diagramme und Histogramme, die statistische Vergleiche erleichtern, verwendet oder explizite statistische Abfragen ermöglicht werden. Zusätzlich sind hier Tools zur Reklassifizierung, Hervorhebung oder Filterung von Daten denkbar.

Die *Dimensionalität* kann im räumlichen wie auch zeitlichen Zusammenhang aufgefasst werden. So lässt sich im räumlichen Zusammenhang für die Codierung in Zeichen ein Übergang von der zweidimensionalen Darstellung der Symbole hin zu pseudo-dreidimensionalen Symbolen durchführen. Die zeitliche Dimension kommt bei der Benennung von bestimmten Zeitpunkten ins Spiel. So können Legendenelemente in Form einer Uhr, zur Kennzeichnung von Daten und Zeitständen oder als Zeitleiste gestaltet werden.

Unter *Randangaben* wird die vierte Komponente zusammengefasst. Sie enthält Elemente mit einem weiter gefassten Bezug zum Thema der Karte, die den thematischen Sachverhalt beschreiben und damit zum Verständnis des Kartenthemas beitragen. Diese unterstützenden Informationen können in textlicher oder illustrativer Form vorliegen. Hierzu werden zum Beispiel der Kartentitel und Legendenüberschriften gerechnet, die Beschreibung von verwendeten wichtigen Methoden zur Erhebung der Daten oder auch das Publikationsjahr könnte darin eingeordnet werden. Ebenso können das Thema erklärende Bilder dieser Komponente zugerechnet werden. Elemente, die allgemein über die räumliche Orientierung innerhalb der Karte informieren, werden auch hier zugeteilt. Zu dieser Komponente gehören deshalb auch alle Arten von Hilfsmitteln, die die räumliche Orientierung unterstützen. Das können zum Beispiel die Angabe der Koordinaten, der Nordpfeil, Massstabsbalken und –zahl oder Angaben zur verwendeten Projektion sein.

Das *Layout* charakterisiert die Gesamtorganisation und Ausstattung der Legende. Diese Komponente vereinigt gleichermassen das Design des Legendenfensters selber oder dessen graphische Gliederung (z.B. unterstützende Trennlinien oder verwendete Schriftarten und -größen) wie auch technische Spezifikationen: z.B. Platzierungsfragen, Verteilung oder Verschachtelungen von Teilen der Legende.

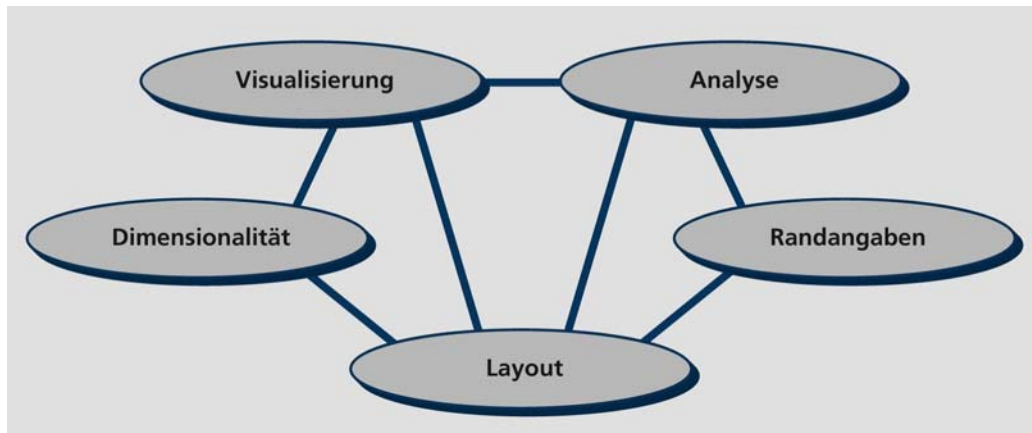


Abb. 4.1: Die fünf Komponenten der Gestaltung interaktiver Legenden

Nicht zu diesen Komponenten gerechnet werden allgemeine Informationen, die über Tatsachen informieren, die keinen direkten Zusammenhang mit dem Kartenthema haben. Dazu gehören zum Beispiel die Angabe des Kartenautors und Copyrightangaben oder eine Liste von wichtigen Referenzen. Es ist nicht so, dass diese Angaben unwichtig wären. Aber durch die Möglichkeiten bei interaktiven Karten gibt es keinen zwingenden Grund mehr, sie in der Legende unterzubringen, da sie keinen Mehrwert für das Verständnis der Karte erbringen. Deshalb ist es sinnvoller, diese Informationen unabhängig von der Legende zur Verfügung zu stellen. In Sieber et al. [2005] wurden diese Bestandteile noch als eine sechste Komponente angeschaut. Da sie jedoch keinen direkten Zusammenhang zum Kartenthema haben, sind sie bei der Überarbeitung des Ansatzes aus den Komponenten gestrichen worden. Die siebente Komponente war in eben genannter Arbeit diejenige der räumlichen und thematischen Navigation. Diese Elemente wurden jetzt mit der vierten Komponente *Randangaben* zusammengefasst.

Die Tools zum Navigieren in der Karte (Zoomen und Pannen) werden – wie schon bei Sieber et al. [2005] – ebenfalls *nicht* als Bestandteile der Legende angeschaut. Sie bilden eine eigene Einheit, die unabhängig vom jeweiligen Kartenthema zur Verfügung stehen muss.

Die fünf Komponenten gegeneinander eindeutig abzugrenzen, ist zum Teil schwierig. Diese Tatsache wird dadurch verstärkt, dass sämtliche einzelnen Inhalte der Komponenten interaktiv gestaltet werden können. Dieser Sachverhalt sei an einem Beispiel illustriert:

Ein Tool, das es ermöglicht, die Symbolisierung eines Elementes zu verändern – zum Beispiel durch die Überführung von einem abstrakten in ein figürliches Symbol – kann der Komponente *Visualisierung* zugeordnet werden. Im Zusammenhang mit der explorativen Datenanalyse kann das gleiche Tool aber auch der Komponente *Analyse* zugeordnet werden. Es könnte sogar bei der Komponente *Randangaben* angesiedelt werden, wenn

argumentiert wird, dass das gezielte Verändern von Symbolen die räumliche Orientierung vereinfachen kann.

Das Beispiel zeigt, dass eine Kategorisierung schwierig ist und *auf keinen Fall als fixe Struktur* angeschaut werden kann. Es zeigt aber auch, dass bereits mit einem einzigen Tool mehrere Komponenten berücksichtigt werden können; was aber nicht heisst, dass diesen Komponenten nicht noch weitere zusätzliche Elemente zugefügt werden können. Es verdeutlicht ebenfalls, dass die Komponenten untereinander in Beziehung stehen und sich je nachdem gegenseitig beeinflussen. Einige dieser Beziehungen sind von direkter Art, andere nur von indirekter. So wird bei der Durchführung einer explorativen Datenanalyse («Analyse») direkt auch Einfluss genommen auf die Visualisierung, respektive mittels der Visualisierung kann auch eine Analyse erfolgen. Die Komponente «Dimensionalität» hingegen hat auch direkten Einfluss auf «Visualisierung», der Einfluss auf «Analyse» wird hier aber als indirekt angeschaut. Es wurde versucht, diese Beziehungen in obenstehender Graphik zu veranschaulichen (Abb. 4.1), wobei nur die direkten Beziehungen mit Verbindungslinien berücksichtigt wurden. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Beziehungen nur zutreffen, wenn die Begriffe in dem Sinne wie oben beschrieben interpretiert werden.

Es ist wichtig zu sehen, dass mehrere der fünf Komponenten *gleichzeitig* auf die Legende einwirken können, sie müssen dies aber nicht. Ebenso ist es nicht unbedingt sinnvoll, beim Design einer Legende immer *alle* Komponenten zu berücksichtigen. Sie schliessen sich *nicht* gegenseitig aus, sondern sind unterstützend, und die relevanten unter ihnen sollten bei der Gestaltung für jeden Teilbereich der Legende einbezogen werden. Die Auswahl hängt dabei stark vom Kartenthema, der Organisation der Karte selber und damit verbunden auch von der Aufgabe der Legende ab.

Die ausgewählten Komponenten müssen nicht zusammen in *einem* Legendenfenster berücksichtigt werden. Wie bei einer Papierkarte, in der auch nicht alle Legendenbestandteile am gleichen Ort untergebracht sind, können einzelne Komponenten oder Komponentengruppen in unterschiedlichen Fenstern oder an verschiedenen Orten platziert werden.

Die beschriebenen Komponenten beziehen sich auf die Gestaltung und Organisation der *Legende* und nicht auf den Aufbau der Karte selber. Gleichwohl liegt es aber in der Natur der Legende, dass diese in engem Zusammenhang mit der Karte steht. So implizieren Änderungen in der Karte unmittelbar auch Änderungen in der Legende und oft auch umgekehrt.

4.3 Aufbau und Entwicklung einer «Smart Legend»

In diesem Unterkapitel wird erklärt, was unter einer *Smart Legend* zu verstehen ist. Dabei werden zuerst zwei wichtige Interaktionsarten voneinander unterschieden, die in einer Legende Verwendung finden können. Im Weiteren werden in einem Stufenmodell verschiedene Arten Legenden unterschieden, wobei Interaktivitätsgrad und -art eine Rolle spielen. Zum Schluss wird gezeigt, wie smarte Funktionen auch eine einfache Legende aufwerten können und wie sich diese Art von einfacher Legende zu einem *Legend Center* ausbauen lässt.

4.3.1 Nutzergesteuerte und systemgesteuerte Interaktionen

Die oben vorgestellte Idee der Kategorisierung in fünf Komponenten beruht auf der Vorstellung, dass die Legende einer interaktiven Karte nicht nur als statische Zeichenerklärung dient, sondern dass sie als interaktives Tool in die dynamische Organisation der Karte eingebunden werden kann. Sie soll also mehr Aufgaben erhalten können als nur diejenige der Zeichenerklärung (siehe für weitere Ausführungen zu diesen Aufgaben auch Kapitel 4.3.4). Wenn aber von der Idee der ursprünglichen Legende als statisches Bild abgerückt wird, so sind bereits innerhalb der Teilfunktion «Zeichenerklärung» verschiedenste Interaktionen denkbar, die den Leser beim Interpretieren der Karte unterstützen können, und damit kann die Zeichenerklärung bereits als *Smart Legend* bezeichnet werden.

Smart Legend bedeutet bezüglich dem Interaktionsniveau, dass als zwei Hauptgruppen sowohl «systemgesteuerte Interaktionen» als auch «nutzergesteuerte Interaktionen» berücksichtigt werden und sämtliche auf die Legende bezogenen Interaktionen umfassen.

Auf die *systemgesteuerten Interaktionen* kann der Nutzer höchstens indirekten Einfluss nehmen. Es sind Reaktionen, die systemintern indirekt auf das Verhalten des Nutzers erfolgen, der Nutzer kann die Reaktionen aber nicht explizit hervorrufen. Sie dienen in erster Linie dazu, den Nutzer beim Gebrauch der Karte möglichst zu unterstützen und die Legende der Situation angepasst optimal zu präsentieren. Die Idee dahinter ist, dass die Legende auf Veränderungen in der Karte – hervorgerufen z.B. durch Interaktionen des Nutzers mit der Karte – reagiert und den Karteninhalt zu jeder Zeit bestmöglich erklärt. Im Idealfall präsentiert sich die Legende zu jeder Zeit so, wie wenn sie eigens für die aktuelle Karte entworfen worden wäre und so, dass sie in der graphischen Qualität einer sorgfältig gestalteten Papierlegende vergleichbar ist. Für ergänzende Ausführungen und Beispiele siehe auch Kapitel 4.3.3 und 4.3.4.

Bei den *nutzergesteuerten Interaktionen* nimmt der Nutzer direkten Einfluss auf die Aktionen und ruft so eine Anpassung in der Karte, der Legende oder deren Erscheinungs-

bild hervor. Crampton [2002] unterscheidet vier Arten von Interaktionen: Interaktion mit der Datendarstellung, mit der zeitlichen Dimension, mit den Daten und als vierte eine Interaktion, die es erlaubt, die visualisierten Informationen in einem Zusammenhang zu sehen. Eine Legende im erweiterten Sinn kann mit allen dieser vier Arten der Interaktion in Verbindung gebracht werden, wobei diejenigen mit der Datendarstellung und den Daten selber von speziellem Interesse sind. Für ergänzende Ausführungen und Beispiele siehe auch Kapitel 4.3.4.

4.3.2 Stufen der interaktiven Legende

Wie früher schon erwähnt, macht alleine die Tatsache, dass Interaktionen in oder mit einer Legende möglich sind, noch keine *Smart Legend*. Um genauer differenzieren zu können, werden drei Stufen von interaktiven Legenden unterschieden (siehe auch Abb. 4.2):

- Erste Stufe (I): Zu den interaktiven Legenden der ersten Stufe werden Legenden gezählt, die eine Interaktion mit dem Legendenfenster selber erlauben; Legenden also, die z.B. ein- oder ausgeblendet, verschoben oder in der Grösse angepasst werden können.
- Zweite Stufe (II): Die interaktiven Legenden zweiter Stufe erlauben einzelne, voneinander unabhängige, einfache Interaktionen in der Legende. Sie könnten z.B. das auch von Bollmann & Koch [2002] vorgeschlagene Ein- und Ausblenden einer Ebene ermöglichen. Oder, wenn man die Animationssteuerung als Teil der Legende auffasst, könnten Vorschläge wie die von Kraak [1997] oder Peterson [1999] (s. Kapitel 3.4) untergebracht werden.
- Dritte Stufe (III): Die *Smart Legend*: Sie zeichnet sich aus durch eine grosse Palette verschiedenster Interaktionen, die den Nutzer dazu animieren, sich mit der Karte vertieft auseinander zu setzen. Diese Interaktionen sollen gleichzeitig den Nutzer unterstützen in dem Sinne, dass sie das Interpretieren der Karteninformation vereinfachen und die Handhabung sowohl der Legende wie auch der implementierten Interaktionsmöglichkeiten benutzerfreundlich erlauben. Sie stehen nicht losgelöst voneinander da, sondern bilden alle zusammen eine Einheit, die den Nutzer unmerklich von der einen Option zur nächsten ziehen lassen. Es ist denkbar, dass die Legende zweistufig aufgebaut ist: auf der ersten Stufe eine Legende mehr im klassischen Sinn, die sich bei Bedarf zur zweiten Stufe erweitern lässt, auf der der Nutzer vertiefende Interaktionsmöglichkeiten zur Verfügung hat. Die Legende wird dadurch funktionell hierarchisch gegliedert. Eine solche Legende bedient sich dabei sowohl nutzergesteuerter als auch systemgesteuerter Interaktionen, die geschickt kombiniert den Nutzer ideal unterstützen und ihn während der Arbeit mit der Karte begleiten.

Dabei kann natürlich jede der drei Stufen ebenso die Möglichkeiten der tieferen Stufen beinhalten.

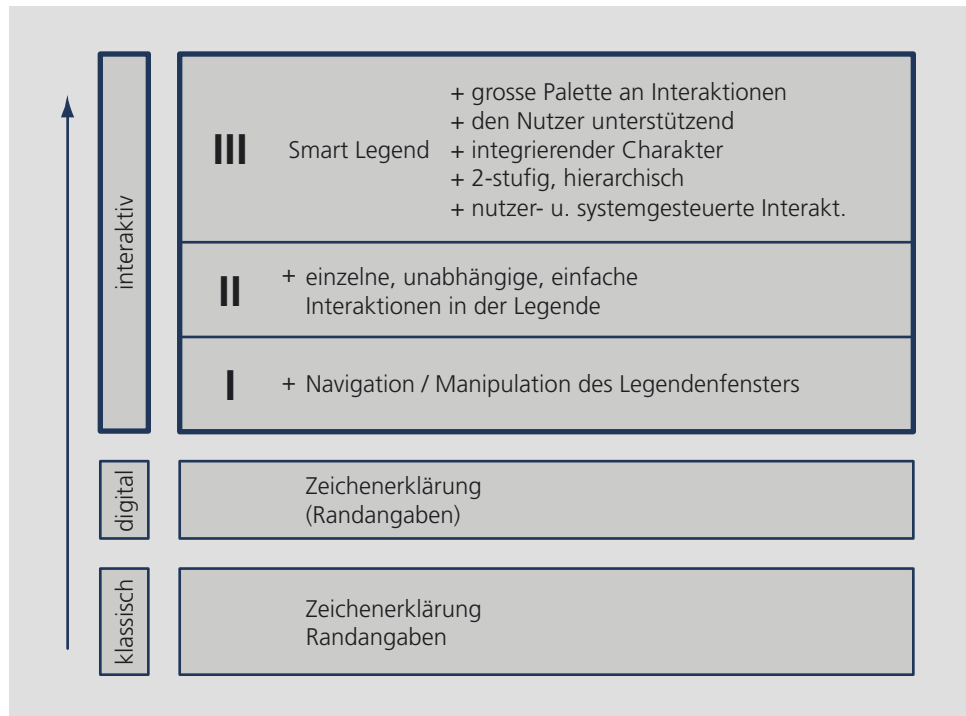


Abb. 4.2: Die drei Stufen interaktiver Legenden

4.3.3 Smarte Funktionen in einfachen Legenden

Auch eine einfache Legende kann dem Nutzer die Arbeit mit der Karte erleichtern, wenn sie entsprechend umgesetzt wird. Neben einer graphisch guten Qualität, die ein möglichst problemloses Erkennen der Signaturen und Farbunterschiede erlaubt, sind insbesondere die im Kapitel 4.3.1 erwähnten systemgesteuerten Interaktionen geeignet.

Es ist zum Beispiel denkbar, dass sich der Inhalt der Legende dem aktuell gewählten Kartenausschnitt anpasst und nur diejenigen Kategorien und Elemente erklärt, die im Moment auch tatsächlich am Bildschirm sichtbar sind. Dadurch könnte die Gefahr von Fehlinterpretationen, hervorgerufen durch sehr ähnliche Farben oder Signaturen, verkleinert werden. Dies würde allerdings bedingen, dass nach jedem Pannen oder Zoomen der Inhalt des Kartenausschnittes geprüft und die Legende entsprechend angepasst wird.

Da es die Aufgabe der Legende ist, die vorhandenen Kategorien möglichst eindeutig zu erklären, könnten auch die erklärenden Symbole und Farben dem Zustand in der Karte angepasst werden. Wenn zum Beispiel eine Farbe in der Karte leicht transparent über einem Relief liegt, dann sollte die entsprechende Farbe auch im Legendenkästchen leicht transparent und mit hinterlegtem Relief erscheinen. Wird das Relief vom Nutzer ausge-

blendet, dann könnte die Legende selbständig darauf reagieren, indem im Legendenkästchen das Relief ebenfalls ausgeblendet wird.

Eine ähnliche Situation ergibt sich in Karten, in denen die Signaturen beim Einzoomen vergrößert dargestellt werden. Ein entsprechendes Mit-Vergrößern der erklärenden Signatur in der Legende – allenfalls innerhalb gewisser Grenzen, um die Dimensionen der Legende nicht zu sprengen – kann das Zuweisen erleichtern.

Es wurde bereits mehrfach darauf hingewiesen, dass die traditionelle Legende in Papierkarten im Allgemeinen an thematisch unwichtigen Stellen platziert wird. In digitalen Karten ist eine solche Handhabung eigentlich unbekannt. Meistens ist der Platz, der der Legende eingeräumt wird, fix vorgegeben, oft ausserhalb der Karte, manchmal aber auch auf dem Kartenbild selber; unabhängig davon, welches Kartenthema wo erscheint. Eine Smart Legend könnte diese Tatsache berücksichtigen. Ebenso könnte sich die Grösse der Legende anpassen, so dass der Platz, den sie einnimmt, auf ein Minimum beschränkt wird. Natürlich ist es auch denkbar, diese Anpassungen nicht automatisch erfolgen zu lassen, sondern durch nutzergesteuerte Interaktionen zur Verfügung zu stellen: ein Legendenfenster, dessen Grösse und Position durch den Nutzer manuell angepasst werden kann.

Eine einfache, aber für das Erkennen der zugehörigen Kategorie sehr effiziente Ergänzung in der Legende ist, die entsprechende Kategorie in der Legende beim Überfahren mit der Maus des zugehörigen Kartenelementes hervorzuheben. Gleichzeitig könnte auch das Kartenelement selber hervorgehoben werden, was dem Nutzer helfen kann – besonders wenn Elemente nahe beieinander liegen – zu erkennen, ob er das gewünschte Element ausgewählt hat und erklärt bekommt. Dadurch ist die Zuordnung auf Wunsch jederzeit und eindeutig gewährleistet. Auf diese Weise wäre es auch kein Problem, wenn aufgrund des Themas viele ähnliche Farben verwendet werden müssen (wie z.B. in Kapitel 3.3.1 geschildert). Die umgekehrte Variante ist auch denkbar: Beim Überfahren oder Anklicken des Legendenkästchens könnte die zugehörige Kategorie in der Karte hervorgehoben oder alle anderen Kategorien ausgeblendet werden. Diese bidirektionale Funktionsweise ist auf verschiedene Arten umsetzbar. Ein Beispiel wird in Kapitel 9.4.4 beschrieben und diskutiert.

Alle genannten Beispiele sind in einer einfachen Legende, die einer klassischen Papierlegende sehr ähnlich ist, umsetzbar und bedürfen keiner zusätzlichen Tools. Der Mehrwert aber, der daraus für die Legende resultiert, wird als sehr gross eingeschätzt, insbesondere wenn sich das Kartenthema nicht nur auf wenige Kategorien beschränkt.

4.3.4 Die Entwicklung eines «Legend Center»

Der Funktionsumfang einer solchen einfachen, aber smarten Legende wie oben beschrieben lässt sich durch das Integrieren von zusätzlichen Tools erweitern. Tools, die den Nutzer dazu «einladen», sich vertieft mit dem Inhalt der Karte(n) auseinanderzusetzen. Bei der Diskussion der fünf Komponenten (Kapitel 4.2) wurde bereits verschiedentlich auf solche Varianten hingewiesen.

Die Idee dabei ist, die einfache Legende mit der Hauptfunktion als eindeutige Zeichenklärung zu einem so genannten «Legend Center» zu erweitern. So könnten *zusätzlich* zur Zeichenerklärung Möglichkeiten eingebunden werden, die das Abfragen oder Anzeigen von Information zulassen, Veränderungen der Visualisierung erlauben oder das Steuern des Karteninhaltes ermöglichen. Dies könnte auf der Basis eines WYSIWYG-Prinzips¹³ geschehen, bei dem die Änderungen im Legendenfenster sichtbar sind. Auch eine gleichzeitige Anpassung direkt im Kartenausschnitt ist möglich.

Dazu wären verschiedene Möglichkeiten denkbar, wie der Benutzer mit nutzergesteuerten Interaktionen eingreifen kann:

- Die Möglichkeit, die Symbolisierung der Kartenelemente zu beeinflussen. Zum Beispiel könnten deren Form, Grösse und Farbe oder auch die Klassierung nach Wunsch verändert werden. Der Nutzer könnte so die Karte auf eine einfache und schnelle Weise seinen Bedürfnissen anpassen. Durch diese visuellen Anpassungen kann gleichzeitig auch eine erste Analyse der Daten erfolgen. Diese Analysemöglichkeit könnte durch die folgenden Erweiterungen noch ergänzt werden.
- Zusätzlich könnten komplexere Abfragemöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden, indem der Abfragebereich z.B. auf Ebenen, Klassen oder eine Gebietsauswahl eingeschränkt werden kann. Diese könnten weiter auch zusammen kombiniert werden, so dass z.B. eine kombinierte Analyse aller Daten bestimmter Ebenen eines Teilgebietes erfolgen könnte.
- Etwas weniger komplex ist die Möglichkeit der freien Wahl der Ebenenkombinationen (also das Ein- und Ausblenden) für die Themenkarte wie auch die darunter liegende Basiskarte. Diese Möglichkeit könnte, je nach Umsetzungsart, auch schon in einer wie vorhergehend beschrieben einfachen, smarten Legende erfolgen (Kapitel 4.3.3).

¹³ «WYSIWYG-Prinzip»: Abkürzung für *What You See Is What You Get* [BOLLMANN & KOCH 2002]. Die Bildschirmanzeige reagiert dabei unmittelbar auf die durchgeführten Änderungen.

- Ebenfalls in diesem Kapitel wurde die Möglichkeit erwähnt, dass sich der Inhalt der Legende im Sinne einer systemgesteuerten Interaktion dem Kartenausschnitt anpasst. Diese Idee liesse sich auch etwas abändern und in Form einer nutzer-gesteuerten Interaktion umsetzen. Die Legende könnte zu Beginn ein leeres Gefäss sein. Erst der Nutzer entscheidet während des Kartengebrauchs, welche Elemente er erklärt haben möchte. Dies könnte durch einen (Doppel-)Klick auf das Kartenelement oder mit *Drag & Drop* in den «Legendenbehälter» erfolgen. Der Nutzer hätte dadurch die Möglichkeit, seine ganz individuelle Legende zu erstellen, die nur den Teil erklärt, der auch tatsächlich von Interesse ist.
- Auch könnten diverse (weiterführende) Zusatzinformationen wie Texte oder erklärende Bilder (vgl. Komponente «Randangaben») in die Legende eingebunden werden.

Diese Aufzählung ist nicht abschliessend. Der so gewählte Ansatz erlaubt eine Erweiterung der Legende in viele Richtungen. Die Kernidee dahinter soll aber bleiben, dass diese Art von *Legend Center* das Interaktionszentrum für die Karte ist – bei Bedarf! Denn schliesslich soll es immer möglich sein, die Karte auch ohne Legende oder ohne *Legend Center* zu betrachten und auszuwerten.

Insbesondere die Möglichkeiten, die im zweiten Punkt genannt wurden, bewegen sich stark in die Richtung dessen, was heute in GIS-Systemen als Standardfunktionen zur Verfügung steht. Die Implementierung solcher Funktionen in eine Karte ist aufwändig und die Frage ist berechtigt, ob sich der Aufwand für eine Einzelkarte lohnt.

Für den Aufbau und die Integration eines *Legend Center* sind viele Kombinationen denkbar. Es könnte zum Beispiel zusätzlich und vollkommen unabhängig von der «einfachen Legende» zur Verfügung stehen und bei Bedarf aufgerufen werden. Oder es könnte direkt aus der einfachen Legende hervorgehen, gewissermassen eine Erweiterung der kleinen Legende. Oder aber es wird auf die einfache Legende gänzlich verzichtet und diese direkt im *Legend Center* integriert. Auch die Organisation innerhalb des *Legend Center* ist sehr offen. So kann das Ganze von der Idee her aufgebaut werden, dass alle Möglichkeiten innerhalb eines Fensters – des *Legend Center* – zur Verfügung stehen. Oder die Möglichkeiten werden dezentralisiert und voneinander getrennt, so dass am Schluss ein separates Tool zur Visualisierung, eines zur Analyse, die Zusatzinformationen und die einfache Legende einzeln aufgerufen werden können.

Für genauere Beschreibungen von verschiedenen möglichen Umsetzungsarten siehe auch Kapitel 8 und das Beispiel des programmierten Prototyps, beschrieben in Kapitel 9.

Verschiedenen der in diesem Kapitel aufgeworfenen Fragen ist in der durchgeführten Untersuchung der vorliegenden Arbeit nachgegangen worden. Es wird in den Kapiteln des zweiten Teils (Methodisches Vorgehen) und insbesondere des dritten Teils der Arbeit (Resultate und Illustration) genauer darauf eingegangen.

5 Nutzerzentrierte Entwicklung mittels Prototyping

In diesem letzten Kapitel der theoretischen Grundlagen wird auf die Wichtigkeit einer Qualitätskontrolle während des Entwicklungsprozesses eines Systems eingegangen. Das Erstellen von Prototypen hat sich auch in der Softwareentwicklung als erfolgreiches Mittel durchgesetzt (Kapitel 5.1). Im zweiten Abschnitt wird anhand eines Modells detailliert beschrieben, wie ein künftiger Nutzer in den Prozess einbezogen werden kann. Dabei werden auch zwei Grundformen der Evaluation kurz vorgestellt (5.2).

Im dritten Teil werden verschiedene Arten von Prototypen diskutiert, Vor- und Nachteile der verschiedenen Formen aufgezeigt sowie deren Zusammenhang mit der gewählten Evaluationsform erklärt (5.3). Zum Abschluss des Kapitels folgen noch Überlegungen zum Vorführen von Prototypen und zur notwendigen Anzahl Testpersonen (5.4).

5.1 Prototyping als Entwicklungsstütze

Während bei gedruckten Papierkarten vor allem die graphische Perfektion und das Einhalten von kartographischen Grundsätzen im Zentrum einer gelungenen Karte stehen, müssen bei der Bildschirmkarte zusätzliche Kriterien berücksichtigt werden. Der Umgang mit Software zur Präsentation von Karten am Bildschirm ist zu einem wichtigen Faktor geworden: kartographische Visualisierungen werden zunehmend als Bestandteil von komplexen, interaktiven Systemen umgesetzt.

Die Entwicklungszeiten bis zum Endprodukt eines komplexen Softwaresystems sind lang und die Gefahr steigt, dass im Verlaufe der Zeit vom optimalen Schlussprodukt unmerklich abgewichen wird. Um diesem Problem entgegenzuwirken, hat sich das «Prototyping» (auch «Rapid Prototyping») durchgesetzt. Es ist ein Verfahren zur schnellen Entwicklung von Softwareprototypen, mit dem die grundsätzliche Leistungsfähigkeit unter Beweis gestellt wird [BILL & ZEHNER 2001].

Diese Art der Entwicklung von Benutzungsschnittstellen ist durch mehrfache Iterationen gekennzeichnet. Bei jeder Iteration werden einzelne Punkte oder Abläufe des Endsystems im Prototyp getestet. Dabei werden Werkzeuge verwendet, die ein schnelles Ausprobieren von Alternativen ermöglichen. Mit dieser Methode wird das Ziel verfolgt, die Interaktion zwischen Mensch und Computer zu verbessern, Systeme zu entwickeln,

die leicht zu erlernen und effizient zu benutzen sind und welche die Vorlieben und Interaktionswünsche eines Nutzers zu berücksichtigen. [PREIM 1999]

Um Wünsche optimal mit einbeziehen zu können, sollte vorzugsweise mit potentiellen Nutzern des Systems getestet werden. Hermann & Peissner [2003] stellen eine solche nutzerzentrierte Entwicklung für kartographische Systeme vor.

5.2 Nutzerzentrierte Entwicklung von kartographischen Systemen

Aus den oben genannten Gründen ist also die Grundidee der *nutzerzentrierten Entwicklung*, dass der Benutzer systematisch in die Entwicklung einbezogen wird und dabei iterativ mehrere Zyklen durchlaufen werden. Diese Art der Entwicklung verfolgt dabei den Anspruch, die ergonomische Qualität eines Produkts oder Systems auf systematische Weise sicherzustellen. Der Aufwand dieser Art des Prototypings soll sinnvoll begrenzt werden. [HERMANN & PEISSNER 2003]

Das unten abgebildete Vorgehen zeigt den systematischen Ablauf einer nutzerzentrierten Entwicklung für ein kartographisches System; es wird von Hermann & Peissner [2003] empfohlen und im Folgenden basierend auf deren Ausführungen beschrieben.

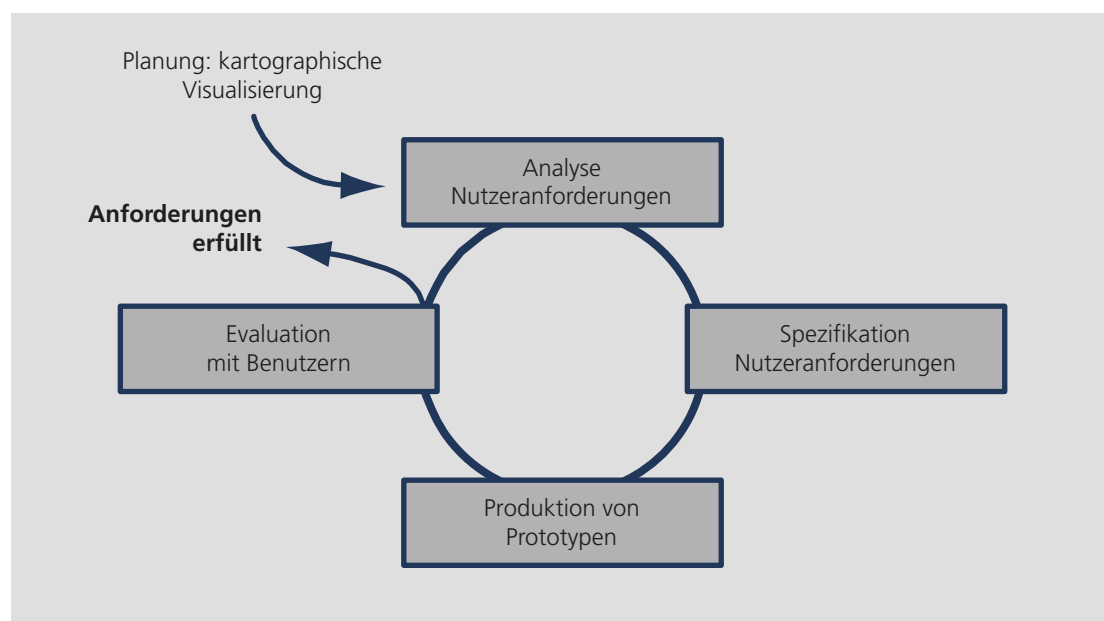


Abb. 5.1: Nutzerzentrierte Entwicklung nach ISO 13915 [nach HERMANN & PEISSNER 2003, modifiziert]

Wenn eine kartographische Visualisierung geplant wird, soll zuerst mit einer Anforderungsanalyse die Zielgruppe identifiziert sowie deren Eigenschaften und die Rahmenbedingungen der Benutzung erfasst werden. Vor allem das Vorwissen der Nutzer sowie Erfahrungen mit anderen Systemen spielen eine wichtige Rolle. Ebenfalls fließen Exper-

tenwissen¹⁴ und potentielle Aufgabenstrukturen des geplanten Systems mit ein. Zur Klärung dieser Fragen bieten sich offene Befragungen und Interviews an, durchgeführt in Diskussionsgruppen. In diesen Diskussionen werden Nutzungsbedingungen, Verhaltensweisen und Erfahrungen erfragt. Eine andere Variante ist, dass erste Konzepte für neue Systeme vorgestellt und diskutiert werden. Neben der Berücksichtigung der Fähigkeiten und Wünsche der Nutzer spielt das Fachwissen der Experten eine sehr wichtige Rolle. Sie besitzen eine vielfältige Erfahrung im Umgang mit solchen Systemen, welche in die Anforderungsanalyse eingebracht werden kann.

In die Konzeption der Benutzungsschnittstelle fließen diverse Faktoren mit ein. Einerseits wird dabei versucht, den zu Beginn analysierten Anforderungen der Nutzer nachzukommen. Wie oben erwähnt wird aber auch das Expertenwissen berücksichtigt. Weiter haben jedoch auch die verwendete Technologie zur Visualisierung, die darzustellenden Geodaten und andere Inhalte sowie die Möglichkeiten des zugrunde liegenden Systems ihre Wichtigkeit. Um ein benutzerfreundliches Produkt zu erhalten, muss darauf geachtet werden, dass die Konzeption nicht von vornherein durch die zur Verfügung stehende Technologie geleitet wird.

Um dem Ziel eines benutzerfreundlichen Produktes einen entscheidenden Schritt näher zu kommen, ist das frühzeitige Erstellen von Systemprototypen geeignet, so dass rechtzeitig Evaluationen durchgeführt werden können. Die Variationen von möglichen Prototyparten sind gross und einige von ihnen werden später genauer erläutert (Kapitel 5.3). Für Entwicklungen, die sich über eine lange Zeit hinziehen, grössere Produktfamilien umfassen oder verschiedene Systemversionen beinhalten, empfiehlt es sich, zusätzlich zu Prototypen so genannte *Styleguides* einzusetzen: Mit ihnen soll eine Konsistenz über die Zeit hinweg und eine logische Verwendung von GUI-Komponenten erreicht werden, insbesondere wenn viele verschiedene Personen an der Entwicklung beteiligt sind.

Die Erstellung von Prototypen wird erst dann wirklich sinnvoll, wenn sie evaluiert werden. Bei der Wahl der Art der Evaluation gibt es ebenfalls grosse Unterschiede, die auch direkt abhängig sind von der gewählten Prototypart. Grundsätzlich lässt sich die formative von der summativen Evaluation unterscheiden.

Bei der *formativen* Evaluation wird eine *Sammlung potentieller Bedienprobleme* für die Optimierung erstellt und sie wird deshalb *so früh als möglich* in der Systementwicklung eingesetzt. Zur Erhebung dieser Art von Informationen können auch weniger ausgereifte Prototypen herbeigezogen werden. Für die Auswertung einer solchen Erhebung bieten sich je nach Datenlage verschiedene Varianten an; es sei an dieser Stelle auf

¹⁴ Als *Expertenwissen* bezeichnet man das Wissen von Personen, die eine vielfältige Erfahrung in einem spezifischen Fachbereich haben.

Kapitel 7 verwiesen, in dem die für die vorliegende Arbeit wichtigen Methoden erläutert werden.

Bei der *summative* Evaluation hingegen muss das System einen gewissen *Reifegrad* erreicht haben: die Benutzbarkeit soll *möglichst präzise und abschliessend* eingeschätzt werden können. Diese Art der Bewertung erfolgt im Allgemeinen mit Tests, in denen repräsentativen Benutzern aus der Zielgruppe Aufgaben gestellt werden, die mit dem Prototyp möglichst realitätsnah gelöst werden müssen. Bei dieser Form von Tests kommen wiederum diverse Verfahren zum Einsatz, die hier aber nicht weiter erläutert werden, da sie in der vorliegenden Arbeit nicht zum Einsatz gekommen sind, da hier nicht die Entwicklung eines operationellen Produkts angestrebt wurde.

Beide Formen der Evaluation, die formative und die summative, werden in Shneiderman & Plaisant [2005] unter dem Begriff *Usability Testing* zusammengefasst. Für ausführliche Informationen zum Usability Testing (insbesondere für die hier nicht weiter behandelte zweite, summative Form) sei auf Preim [1999] oder Shneiderman & Plaisant [2005] verwiesen, für eine kurze Zusammenfassung auf Hermann & Peissner [2003] oder Thissen [2004].

Die Ergebnisse des Usability Testings werden ausgewertet und fliessen in eine Überarbeitung der Konzeption des Systems mit ein. Damit ist der erste Zyklus geschlossen. Die Iteration findet so oft statt, bis objektive Messwerte und/oder subjektive Zufriedenheit erreicht sind. Die maximale Iterationszahl ist jedoch beschränkt, da finanzielle, organisatorische und terminliche Rahmenbedingungen, aber auch das Gewöhnen der Testpersonen an Abläufe (und damit das Verfälschen der Ergebnisse) Grenzen setzen. [PREIM 1999]

Im Verlaufe der langjährigen Entwicklung des «Atlas of Canada» [ATLAS OF CANADA URL 2007] wurde ab dem Jahre 2000 auf eine nutzerzentrierte Entwicklung in dem Sinne wie oben beschrieben umgestellt. Der Erfolg dieser Umstellung wird von den Atlasautoren als «durchschlagend» beurteilt. Sie heben insbesondere hervor, dass dadurch unter dem Strich Kosten gespart werden konnten, weil eine zielgerichtete Entwicklung im Sinne des Endnutzers möglich wurde. Sie empfehlen, so viele Iterationen zu machen wie Zeit und Geld erlauben. [KRAMERS 2005]

Zusammenfassend zur nutzerzentrierten Entwicklung kann gesagt werden, dass die Kernidee darin besteht, nicht nur am Ende der Entwicklung eines Karten- oder Softwareprodukts einen Benutzertest durchzuführen, sondern einen umfassenden Prozess einzuführen. Die Benutzungsschnittstelle wird eigenständig, nicht technikgetrieben und basierend auf vorangehenden Nutzer- und Anforderungsanalysen konzipiert und anschliessend mit Benutzern evaluiert. Die Evaluation muss so früh erfolgen, dass ihre Ergebnisse zur Optimierung verwendet werden können. [HERMANN & PEISSNER 2003]

5.3 Ausgereifte und weniger ausgereifte Prototypen

Preim [1999] weist darauf hin, dass eine solche Evaluation zwar aufwändig ist im Vergleich zu anderen Formen der Qualitätssicherung, dennoch aber unverzichtbar. Sie dient dazu, die Benutzbarkeit eines Systems zu testen und zu verbessern.

Wie bereits oben (Kapitel 5.2) erwähnt, gibt es verschiedene Arten von Prototypen, die in eine nutzerzentrierte Entwicklung einbezogen werden können. Dabei spielt das Stadium des Entwicklungsfortschrittes eine wichtige Rolle.

Als erster Prototyp kann bei interaktiven Systemen eine *Sammlung von Skizzen* benutzt werden, bei denen der Computer lediglich als Zeichenwerkzeug verwendet wird. Die Durchführung von Aufgaben kann mit dieser Art zwar nur simuliert werden, es lassen sich aber dennoch etliche Erkenntnisse schon in dieser Phase gewinnen. Solche Varianten sind nicht auf graphische Anordnungsaspekte beschränkt, es können ebenso Überlegungen zum Bedienablauf integriert sein. Man spricht dabei von Drehbüchern oder Dialogskizzen, es können aber auch komplexere Ablaufszenarien simuliert werden. [PREIM 1999]

Solche skizzenartigen Prototypen können nach Snyder [2003] auch mit Handzeichnungen gemacht werden («Papier-Prototypen»), was eine Reihe von Vorteilen mit sich bringt. Das Skizzieren eines Ablaufs von Hand ist wesentlich schneller als das Programmieren eines Prototyps. Dies ermöglicht sehr rasches, substanzielles Feedback von Nutzern bereits in einem frühen Entwicklungsstadium. So werden Informationen gewonnen, noch bevor auch nur eine Zeile Programmcode geschrieben werden muss. Auch werden dadurch insbesondere die ersten Iterationen beschleunigt, was das Verfolgen von verschiedenen Ansätzen nebeneinander erlaubt, im Gegensatz zu nur einer Variante in einem programmierten Prototyp. Auf diese Weise wird auch die Kreativität im Entwicklungsprozess gefördert.

Weil die Umsetzung derartiger Prototypen keinerlei technische Fertigkeiten voraussetzt, können Personen (Entwickler wie auch Nutzer) aus den verschiedensten Feldern zusammenarbeiten, die Kommunikation zwischen ihnen wird dadurch vereinfacht. Das Vorgehen mittels Papier-Prototypen liefert ein maximales Feedback bei minimalem Aufwand. [SNYDER 2003]

Ein Prototyp umfasst nur einen Teilumfang der Funktionalität des Endsystems, weshalb eine Auswahl getroffen werden muss. Dazu gibt es zwei Entwicklungsrichtungen: [Preim 1999]

- Beim *horizontalen Prototyp* wird die Tiefe, in der die Funktionalität realisiert wird, reduziert. Menüs, Objekte des GUI etc. werden zwar weitgehend eingebaut, sie besitzen aber keine Funktion, die Elemente stehen gewissermaßen als

«Attrappen» da. Dadurch kann die Anwendung oberflächlich betrachtet und ein Gesamteindruck getestet werden. Allerdings ist die Bewertung weniger realitätsnah, da konkrete Aufgaben nicht wirklich durchgespielt werden können.

- Der *vertikale Prototyp* reduziert den Umfang der Funktionalität bei einer gleichzeitig vergrößerten Tiefe. Verschiedene Aufgaben des Systems werden in dieser Prototypart ignoriert, einzelne aber ausgewählt und diese in Layout und Funktionalität weitgehend vollständig realisiert. Sie vermitteln auf diese Weise in dem gewählten Teilbereich einen sehr realistischen Eindruck. Da der Aufwand zur Umsetzung in dieser Art schon für einzelne Aufgaben sehr hoch ist, können auf diese Weise nur wenige Teile der Gesamtanwendung getestet werden. Diese sind dann aber in vollem Umfang, also z.B. mit Rückkoppelungen oder Möglichkeiten der Datenabfrage/-eigabe, realisiert.

In diesem Sinne lassen sich diese beiden Prototypvarianten mit den beiden in Kapitel 5.2 erwähnten Arten der formativen und summativen Evaluation verknüpfen. Ein horizontaler Prototyp dient eher einer formativen, ein vertikaler Prototyp eher einer summativen Bewertung, wobei sich die Auslegung der Begriffe nicht vollständig überdeckt.

Die beiden Prototyparten können auch miteinander kombiniert werden, was durchaus sinnvoll sein kann. Man spricht in diesem Fall von einem «Szenario». Die Idee dabei ist, den Benutzer auf einem oder wenigen Wegen durch die geplante Anwendung zu führen. Die Funktionalität ist so weit gegeben, dass der ausgewählte Weg gerade machbar ist. Bei allen Formen von Prototypentwicklungen besteht das gleiche Grundziel, mit möglichst geringem Aufwand bereits bewertbare Teile des zukünftigen Systems zu schaffen. [PREIM 1999]

Wie bereits erwähnt, werden Prototypen entwickelt, um sie danach zu testen und dadurch ein Feedback zu erhalten. Es scheint nahe liegend, dass ein sehr weit ausgereifter Prototyp aussagekräftigere Ergebnisse liefert, als ein Prototyp, der lediglich aus einer Sequenz von Einzelbildern besteht, die ein Verhalten simulieren. Interessanterweise ist dies aber *nicht* der Fall. Studien haben gezeigt, dass die Zahl der gefundenen Benutzbarkeitsprobleme kaum davon abhängt, ob ein reales System oder lediglich Papierskizzen verwendet wurden. [PREIM 1999]

Virzi et al. [1996] erklären sogar, dass es unter Umständen von Vorteil sein kann, Entwürfe anhand von Skizzen zu diskutieren, da diese offensichtlich unfertigen Konzeptionen dazu einladen, über Varianten nachzudenken. Diese Tatsache spricht dafür, dass skizzenartige Prototypen bereits früh in den Entwicklungsprozess miteinbezogen werden sollen.

5.4 Demonstration von Prototypen und Anzahl Testpersonen

Preim [1999] weist darauf hin, dass Prototypen oft nicht von potentiellen Nutzern echt getestet werden, sondern von den Entwicklern nur vorgeführt und dabei Funktion und Bedienung des Systems möglichst gut und verständlich aufgezeigt werden. Er sieht den Vorteil darin, dass die Entwickler im Allgemeinen Instabilitäten und Lücken des Prototyps kennen und diese vermeiden können, was wiederum Entwicklungszeit spart. Der Nachteil daran ist allerdings, dass mögliche Probleme überspielt werden und dadurch verborgen bleiben. Dem potentiellen Nutzer bleibt die Rolle des passiven Beobachters und er kann aufgrund der Demonstration nur indirekte Eindrücke bewerten.

Die Angaben in der Literatur zur Anzahl der notwendigen Testpersonen variieren etwas, sind aber alle in der gleichen (kleinen) Größenordnung. Snyder [2003] empfiehlt als Faustregel fünf bis acht Probanden; in der Regel liefern diese genügend Daten. Wird die Probandenzahl erhöht, so kommen meistens keine wesentlichen neuen Problemstellen zum Vorschein. Preim [1999] geht sogar davon aus, dass bereits vier Testpersonen bis zu 85% der Probleme aufdecken können.

Diese Zahlen sind allerdings mit Vorsicht zu geniessen: sie basieren auf der Annahme, dass Nutzer und Entwickler beim Test in einem direkten Dialog stehen, oder der Test mit der Methode des «lauten Denkens» durchgeführt wird. Diese Methoden verlangen zwar nur wenige Probanden und liefern sehr schnell konkrete Angaben zu Benutzbarkeitschwachstellen, dafür wird die statistisch abgestützte Auswertbarkeit erschwert bzw. verunmöglicht.

Sollen statistische Aussagen gemacht werden können, richtet sich die Mindestanzahl an Probanden (und auch die Frageart) nach anderen Kriterien. In diesem Fall gilt es, Vorgaben aus der Statistik (wie viele Probanden sind für einen spezifischen statistischen Test minimal erforderlich? – typischerweise 30 bis 40) zu berücksichtigen. Für weitere Ausführungen zu diesem Punkt sei auf die Kapitel 6.4 (Frageart) und 7 (Statistik) verwiesen.

In der vorliegenden Arbeit wurden Prototypen von zwei verschiedenen Arten eingesetzt. Zum einen zwei skizzenartige Prototypen, mit deren Hilfe zwei Befragungen durchgeführt wurden. Für eine detaillierte Beschreibung dieser beiden Prototypen siehe Kapitel 6.2. Und zum anderen ein programmierter, funktionsfähiger Prototyp, welcher auf den Resultaten der ersten beiden aufbaut, jedoch nicht getestet wurde. Dieser Prototyp wird in Kapitel 9 vorgestellt.

Teil II: Methodisches Vorgehen

6 Umsetzung des Nutzerzentrierten Ansatzes

Modelle wie im vorangehenden Kapitel beschrieben lassen sich nicht immer eins zu eins übernehmen, oft sind Anpassungen notwendig. In diesem Kapitel wird erklärt, wie der potentielle Nutzer in Anlehnung an das beschriebene Ausgangsmodell in den Entwicklungsprozess einbezogen werden konnte. Dazu wird zuerst ein Überblick über das Vorgehen gegeben (Kapitel 6.1), ehe im zweiten Abschnitt detailliert beschrieben wird, wie die beiden skizzenartigen Prototypen aufgebaut sind (6.2). Im dritten Abschnitt wird erklärt, wie diese Prototypen evaluiert wurden (6.3).

Der Aufbau der Fragebogen, die für die Evaluation benötigt wurden, wird im vierten Abschnitt geschildert. Dabei wird auch auf die Art der vorkommenden Fragen eingegangen (6.4). Im abschliessenden fünften Abschnitt wird eine Zusammenfassung des Inhalts der Prototypen respektive der dazugehörenden Fragebogen gegeben (6.5).

6.1 Allgemeines über das Vorgehen

Im vorhergehenden Kapitel wurde das Prinzip einer Entwicklung mit Einbezug von Nutzern vorgestellt und anhand des Modells der nutzerzentrierten Entwicklung nach Hermann & Peissner [2003] konkretisiert. Das Vorgehen in der vorliegenden Arbeit übernimmt Kernideen aus diesem Modell, es folgt aber nicht exakt dessen Ablauf.

Das hier angewandte Vorgehen lässt sich mit untenstehender Graphik (Abb. 6.1) zusammenfassen und wird im Folgenden genauer erläutert.

Grund- und Leitidee ist es, die Legende benutzerfreundlicher zu gestalten. Um Anforderungen von potentiellen Nutzern früh in die Entwicklung einbeziehen zu können, wurde ein erster, skizzenartiger Prototyp entworfen. Der ausgewählte Inhalt dieses Prototyps basiert auf drei Pfeilern:

- auf Angaben und Empfehlungen zur Legendengestaltung aus der Fachliteratur (siehe z.B. Kapitel 3.2, 3.3.2 und 3.4);
- auf einer im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Analyse diverser analoger und digitaler Legenden (siehe z.B. Kapitel 3.2.5 oder 3.3.1);
- auf Erfahrungen der Autoren der Software «Atlas der Schweiz» (AdS); diese wurde am IKA der ETH entwickelt, über Jahre erprobt und vielfach verkauft.

Mit potentiellen Nutzern wurde eine Evaluation des Prototyps durchgeführt, welche anschliessend ausgewertet wurde, um Rückschlüsse auf Anforderungen zu machen und Wünsche der Nutzer einbeziehen zu können. Damit ist ein erster Zyklus im Sinne des beschriebenen iterativen Modells von Hermann & Peissner [2003] abgeschlossen.

Die Auswertung bildet die Basis, um einen zweiten, skizzenartigen Prototyp zu erstellen, der nach dem gleichen Prinzip aufgebaut ist wie der erste. Er berücksichtigt einerseits Punkte, bei welchen aus den Ergebnissen der ersten Evaluation zu wenig klare Ergebnisse vorliegen, so dass nur unsichere Rückschlüsse gezogen werden konnten. Andererseits vertieft er Inhalte, die auf Interesse stiessen und bei denen deshalb ein vertiefendes Nachfragen sinnvoll erschien. Ebenfalls behandelt er Gebiete, die beim ersten Prototyp aus Gründen des Umfangs noch weggelassen wurden.

Dieser zweite Prototyp wurde im gleichen Rahmen mit denselben Methoden evaluiert und anschliessend wie der erste ausgewertet. Somit ist ein zweiter Zyklus vollzogen.

Für eine detaillierte Beschreibung des Aufbaus der beiden Prototypen sei auf Kapitel 6.2, für die des Inhalts auf Kapitel 6.5 verwiesen. Die Art der Evaluation ist in Kapitel 6.3 beschrieben, die dazugehörenden Fragebogen in Kapitel 6.4. Die Methoden der Auswertung der Evaluationen werden in Kapitel 7 erklärt und die Resultate davon sind in Kapitel 8 ersichtlich.

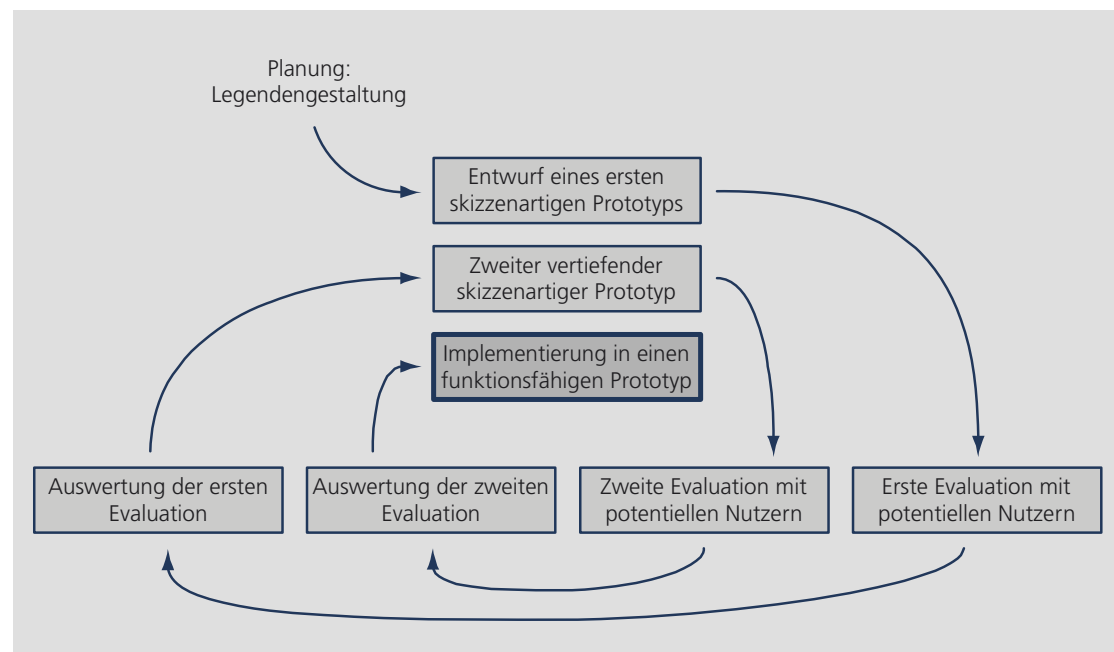


Abb. 6.1: Nutzerzentriertes Vorgehen in der vorliegenden Arbeit

Nach der Auswertung der Evaluation des zweiten Prototyps wurde nicht mehr in gleicher Art ein dritter Zyklus angestrebt. Stattdessen wurde die Gesamtheit der Ergebnisse aus den ersten zwei Zyklen betrachtet und versucht, daraus die zentralen Punkte und Nutzerpräferenzen herauszuarbeiten.

Diese wurden in einen programmierten, funktionsfähigen Prototyp implementiert. Es geht dabei um eine *illustrative Umsetzung*, die versucht, die von den Nutzern favorisierten Aspekte in einem einzigen Prototyp zu vereinen; sie kann in diesem Sinne auch als Funktionstest angeschaut werden, ob die Anforderungen der Nutzer überhaupt miteinander vereinbar sind.

Die graphische Umsetzung erfolgte dabei mit SVG. Da SVG grundsätzlich statisch ist, der Prototyp aber interaktiven Charakter aufweisen muss, wurden die Interaktionen mit ECMAScript (JavaScript) programmiert. Dieser Prototyp wird mit all seinen Funktionen und Interaktionen ausführlich in Kapitel 9 beschrieben.

6.2 Aufbau der skizzenartigen Prototypen

Wie bereits oben erwähnt, wurden in der ersten Phase skizzenartige Prototypen entwickelt, welche aus Einzelgraphiken bestehen. Die Erstellung der Graphiken erfolgte digital mit dem Graphikprogramm «Adobe Illustrator CS2».

Ausgewählte Situationen, wie sie beim Arbeiten mit digitalen Karten in der Legende auftreten können, bestimmen den Inhalt der Prototypen (für eine Beschreibung der Inhalte siehe Kapitel 6.5). Durch die Aneinanderreihung der Einzelgraphiken konnten die Situationen und die darin enthaltenen interaktiven Abläufe simuliert werden.

Zu jeder Situation wurden verschiedene denkbare Lösungsansätze skizziert. Die Idee dahinter ist, dass so die unterschiedlichen Varianten miteinander verglichen und sich besser eignende erkannt werden können. Auf diese Weise entstanden in beiden Prototypen insgesamt 21 Situationen (9 im ersten und 12 im zweiten Prototyp), bei denen total 60 Varianten skizziert wurden (29 und 31).

Zur Veranschaulichung der in diesem Zusammenhang verwendeten Begriffe «Situation» und «Variante» (resp. «Lösungsvariante» oder «Lösungsansatz») dient die untenstehende Graphik (Abb. 6.2). Zu jeder Situation wurden zwischen zwei und vier Varianten skizziert.

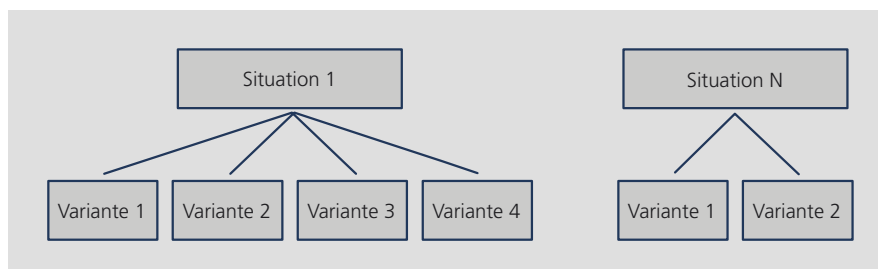


Abb. 6.2: Zusammenhang von «Situation» und «Variante» im skizzenartigen Prototyp

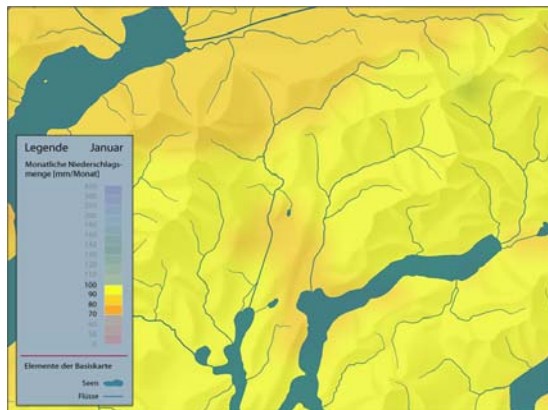
In den so skizzierten Varianten konnte mit dem Programm «Microsoft PowerPoint 2002» ein interaktiver Ablauf simuliert werden, indem die Einzelgraphiken in eigenen

Slides entsprechend aneinander gereiht wurden. Für die Simulation einzelner Interaktionen wurde zusätzlich auch die Möglichkeit von PowerPoint genutzt, einzelne Objekte zu animieren (Bewegungen entlang von vorgegebenen Pfaden). Die so skizzierten Situationen entsprechen den Kategorien der statischen wie auch vereinzelt dynamischen Karten von Kraak [2001A], in beiden Fällen aber gehören sie der Unterkategorie «interaktiv» an (vgl. Abb. 2.1).

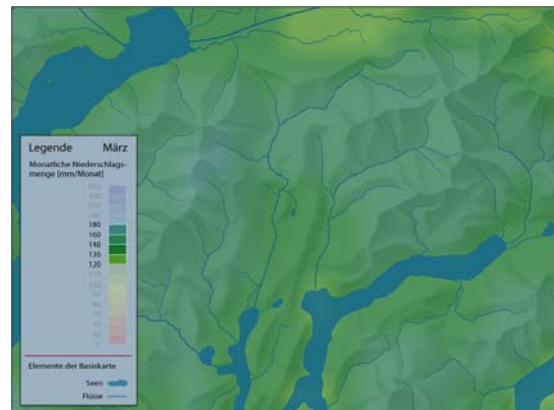
Der Aufbau dieser Art von Prototypen soll im Folgenden anhand eines Beispiels veranschaulicht werden: Im zweiten Prototyp wird unter anderem die Situation behandelt, wie die Legende des Kartenthemas umgesetzt werden soll, d.h. welchen Inhalt sie haben soll. In Kapitel 3.2 wurde ausführlich darauf eingegangen, dass die Legende grundsätzlich alle in der Karte verwendeten Zeichen und Farben erklären muss. Es wurde in Kapitel 3.3.1 aber auch beschrieben, welche Probleme sich bei digitalen Karten ergeben können. Durch die Interaktionsmöglichkeiten verändern sich das Kartenbild und der Kartenausschnitt ständig. Dadurch wird oben genannte Frage aufgeworfen.

Zur Klärung der Frage wurden drei Lösungsvarianten vorgeschlagen. Als erstes wurde die Variante genannt, bei der die Legende nur diejenigen Kategorien oder Zeichen erklärt, die im aktuellen Kartenausschnitt am Bildschirm *tatsächlich sichtbar* sind. Bei der zweiten Variante sind normal *alle* Kategorien in der Legende aufgeführt, aber diejenigen, die nicht im aktuellen Kartenausschnitt liegen, sind *abgedimmt*, so dass für den Nutzer erkennbar ist, welche der Kategorien im gewählten Ausschnitt zu finden sind. Die dritte Variante ist diejenige, die im Allgemeinen umgesetzt wird: die Legende erklärt *alle Kategorien*, unabhängig davon, ob sie im gewählten Ausschnitt vorkommen oder nicht.

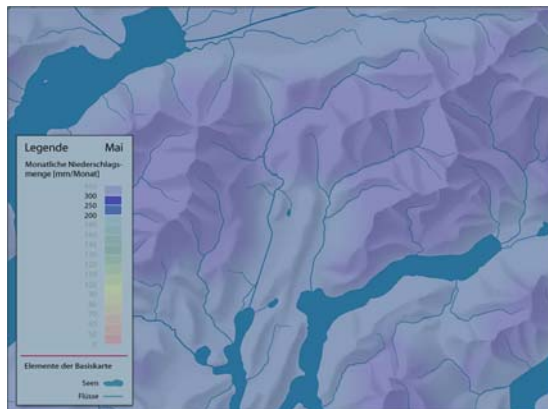
Diese drei Varianten wurden mit drei Serien von Einzelgraphiken skizziert, so dass man sich anhand des Prototyps vorstellen kann, wie sich die drei Szenarien auf das Erscheinungsbild der Legende auswirken. Untenstehend (Abb. 6.3) sind die Einzelgraphiken der zweiten Lösungsvariante (nicht sichtbare Kategorien abgedimmt) abgebildet. Im Beispiel ändert sich nicht der Kartenausschnitt, sondern der Zeitstand der Karte. Dargestellt sind die Niederschlagsmengen pro Monat im Januar, März, Mai, September und Dezember. Durch den animierten Ablauf im Prototyp entsteht ein plastischer Eindruck, wie sich diese Variante der Legende in einem fertigen System präsentieren könnte. Zum besseren Verständnis empfiehlt es sich, die im Anhang auf der beiliegenden Daten-CD enthaltene digitale PowerPoint-Präsentation anzuschauen.



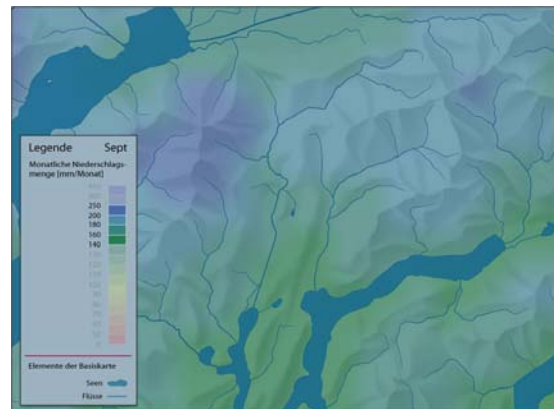
1) Januar



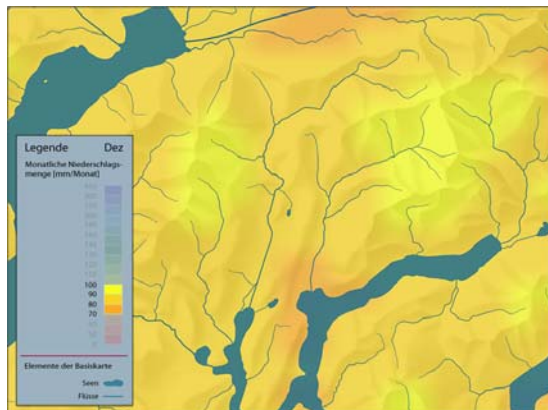
2) März



3) Mai



4) September



5) Dezember

Abb. 6.3: Beispiel aus dem skizzenartigen Prototyp: Einzelgraphiken simulieren einen Ablauf

Die gewählte Prototypart entspricht einem *Horizontalen Prototyp*, wie er in Kapitel 5.3 erläutert wurde. Für die meisten Situationen im Prototyp (*nicht* aber in Abb. 6.3) wird als Grundlage des Kartenthemas der «Anteil an neuen Wohnungen (in Prozent) pro Gemeinde» in der Ostschweiz verwendet (in Grüntönen). Diese Basisgraphik stammt aus dem AdS 2.0 [2004], ist ergänzt mit verschiedenen Elementen der Basiskarte des AdS 2.0 und wird bei vielen Varianten mit eigenen z.T. fiktiven Elementen überlagert. In

jedem Fall aber wird zu jeder Variante eine eigens konstruierte Legende gezeichnet, die sich bei fast allen Varianten – simuliert – ausblenden lässt. Ebenfalls wurde in vielen Fällen eine Reiterleiste beigefügt, die für die Veranschaulichung von Effekten (z.B. Legende einblenden) gebraucht wird. Ein Beispiel einer solchen typischen Einzelgraphik ist untenstehend abgebildet (Abb. 6.4). Sie wurde ebenfalls im zweiten skizzenartigen Prototyp verwendet.

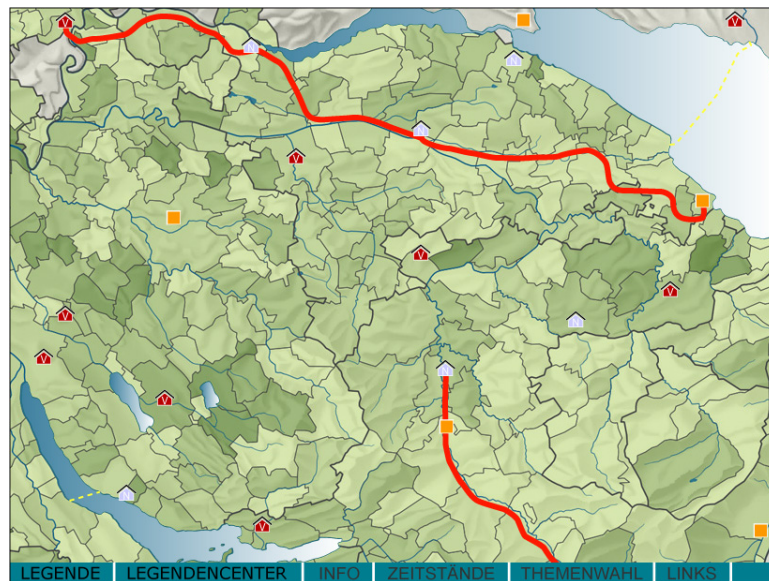


Abb. 6.4: Beispiel einer Einzelgraphik des oft verwendeten Kartenthemas, mit überlagerten fiktiven Elementen und Reiterleiste, Legende ausgeblendet

Dieses Kartenthema konnte nicht für alle Situationen benutzt werden, da es je nach Effekt, der simuliert werden sollte, ungeeignet ist. In diesen Ausnahmefällen wurde auf ein anderes Thema ausgewichen (wie z.B. in Abb. 6.3).

Wie bereits mehrfach erwähnt, werden Prototypen entwickelt, um sie danach zu evaluieren. Um zu gewährleisten, dass bei der Evaluation das Augenmerk vor allem auf die Legende resp. die behandelte Situation gerichtet bleibt, wurde versucht, ablenkende Faktoren zu verhindern oder zumindest möglichst klein zu halten. Dies gilt insbesondere für die verschiedenen Varianten, die zu einer Situation skizziert werden.

So bleibt z.B. das Kartenthema bei den Varianten zumindest innerhalb einer Situation unverändert, nach Möglichkeit wird es für mehrere Situationen gleich gehalten, so dass sich ein Betrachter nicht auf immer neue Themen einlassen muss. Auch bei der Verwendung von Schriftarten, Farben, Erscheinungspositionen oder Bedienelementen wie Reiter wurde versucht, für den ganzen Prototyp das gleiche Konzept zu verwenden.

6.3 Durchführung der Evaluation

Wie in Kapitel 6.2 beschrieben, wurde mit PowerPoint eine Abfolge der Einzelgraphiken zusammengestellt. Diese Abläufe wurden für jeden der beiden Prototypen zu einer zusammenhängenden *Präsentation* ausgebaut. Diese bildete die Grundlage für die Evaluation, die nach der Vorlage einer wie in Kapitel 5.2 beschriebenen *formativen Evaluation* aufgebaut ist.

Zu jeder Situation wurden die zugehörigen Varianten (zwei bis max. vier) aneinander gereiht. So bildet jede Situation eine Einheit. An den Anfang jeder Situation wird ein Slide gestellt, auf dem zusammenfassend jede der behandelten Varianten skizziert ist (Abb. 6.5). Dem Betrachter soll dadurch im Voraus ein Überblick über die darauf folgenden unterschiedlichen Lösungsansätze ermöglicht werden. Die gleiche Übersicht steht nochmals zusammenfassend am Ende jeder Situation, damit sich der Betrachter nach der Präsentation der Lösungsvarianten in Ruhe Gedanken über die verschiedenen gesehenen Varianten machen kann.

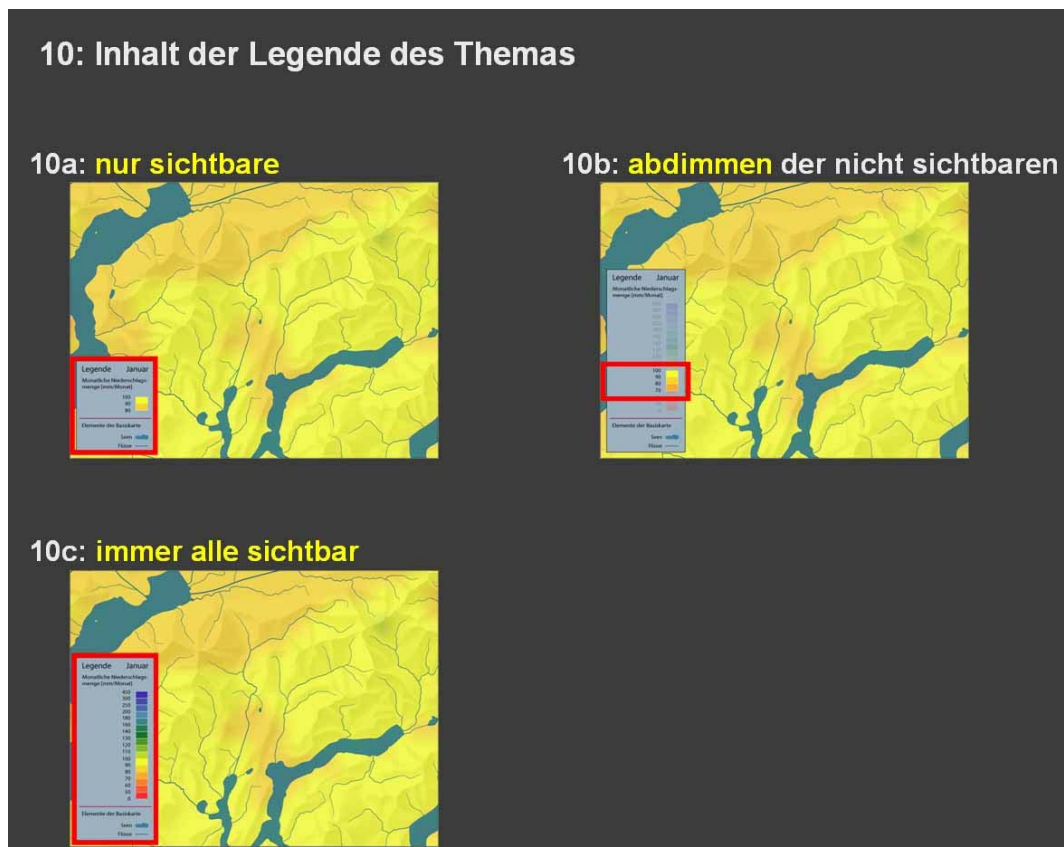


Abb. 6.5: Beispiel aus dem skizzenartigen Prototyp: Übersicht über die Lösungsvarianten

Als Testpersonen wurden zwei Schulklassen einer Kantonsschule mit total 40 Schülern im Alter von 16 bis 19 Jahren ausgewählt.¹⁵ Dies aus mehreren Gründen: Die meisten interaktiven Karten und Legenden sollten für jeden Anwender benutzbar sein, unabhängig von seinem Fachwissen. Schüler der Sekundarstufe 2 bilden eine wichtige Benutzergruppe.

Weiter ist den Schülern das Gebiet der Kartographie nicht unbekannt, sie alle hatten im gleichen oder im vorangehenden Schuljahr das Thema behandelt. Ebenfalls wurde angenommen, dass ein wesentlicher Teil der Kantonsschüler in diesem Alter versiert ist im Umgang mit Computern generell sowie verschiedenen Computerprogrammen (insbesondere auch interaktiven Spielen). Deshalb konnte die Annahme gemacht werden, dass sich die Mehrheit der Probanden schnell in die verschiedenen Situationen versetzen kann und damit verlässliche Antworten liefert.

Die gleichen zwei Schulklassen wurden für die Evaluation des zweiten Prototyps nach einem zeitlichen Abstand von drei Monaten ausgewählt.

Die Evaluationen fanden klassengetrennt statt, die Präsentationen wurden aber über einen Beamer einer ganzen Klasse gleichzeitig vorgestellt. Während dem Zeigen des ersten Übersichtsslides wurde die Situation mündlich geschildert, damit die Probanden eine Vorstellung hatten, in welchem Zusammenhang die Situation auftreten kann. Anschliessend wurden die zugehörigen Varianten demonstriert und mit mündlichen Bemerkungen unterlegt, wobei sich diese auf ein Kommentieren der durchgeführten Mausbewegungen und Klicks beschränkte. Während des Anzeigens des die Situation zusammenfassenden Schlusslides hatten die Probanden Zeit, jeden einzelnen Lösungsvorschlag zu bewerten.

Um die Bewertung durchzuführen, hatte jeder Proband einen schriftlichen Fragebogen zur Verfügung, damit die Einstufung festgehalten werden konnte. Der Aufbau dieser Fragebogen sowie die Art der Fragen ist in Kapitel 6.4 beschrieben.

Für die Durchführung der Evaluation (Präsentation und Fragebogen ausfüllen) standen je eine Lektion à 43 Minuten zur Verfügung (2 Klassen mit je 2 Evaluationen, total 4 Lektionen).

Die Files der PowerPoint-Präsentationen beider Prototypen wie auch die zugehörigen Fragebogen sind in vollem Umfang auf der beiliegenden Daten-CD einsehbar, die Fragebogen sind zusätzlich in gedruckter Form in Anhang B und C dokumentiert.

¹⁵ Vorangegangen waren bei beiden Prototypen je drei Pretests mit Probanden unterschiedlichen Alters und Fachwissens.

6.4 Aufbau des Fragebogens

Der Fragebogen zum ersten Prototyp wird, wie in Kapitel 6.3 bereits erwähnt, von jedem Probanden selbständig ausgefüllt und besteht aus drei Teilen:

- Der erste Teil dient dem Erfassen von persönlichen Angaben;
- der zweite Teil demjenigen der persönlichen Vorkenntnisse;
- und im dritten Teil werden die einzelnen Varianten bewertet.

6.4.1 Fragen zur Erhebung der Vorkenntnisse der Probanden

Die Daten des ersten und zweiten Teils wurden erhoben, um ein Bild der Testgruppe zu erhalten und um allenfalls Merkmalsgruppen für die Auswertung bilden zu können. Bei den persönlichen Angaben («Teil A») sind deshalb vor allem das Geschlecht und das Alter der Probanden von Interesse, ebenfalls wurde nach der Ausbildungsart und -dauer gefragt. Die Angabe von Name und Klasse diene lediglich zur eindeutigen Identifizierung, falls es Unklarheiten bei der Auswertung gab.

Sämtliche erhobenen persönlichen Daten wurden in einem vorbereiteten, separierten Feld in Zahlen codiert. Für die gesamte Auswertung der Evaluationen wurden danach nur noch diese Zahlencodes verwendet. So kann die Anonymität der Testpersonen garantiert werden. Eine Zusammenfassung der Persönlichkeitsmerkmale der Testgruppe ist in Kapitel 8.1 gegeben.

Mit den Fragen zu den persönlichen Vorkenntnissen («Teil B») sollte erhoben werden, wie gut sich die Probanden in den Themen Computer, Kartographie und Computerkartographie bereits auskennen. Damit wird erreicht, dass die Aussagekraft der Testpersonen besser eingeschätzt werden kann, und zudem wird die Möglichkeit gegeben, Merkmalsgruppen zu bilden. Die Fragen bezogen sich deshalb vor allem auf die Nutzungshäufigkeit und –art von Computer und Bildschirmkarten. Zur Erfahrung mit Computerspielen wurden Fragen gestellt, um einen Einfluss dieser Erfahrung auf das Antwortverhalten überprüfen zu können. Personen, die oft Computerspiele spielen, haben einige Erfahrung im Umgang mit interaktiven Systemen und haben deshalb vielleicht andere Erwartungen an eine interaktive Karte.

Zeitlich hatten die Probanden diese ersten beiden Teile vor der Präsentation des Prototyps ausgefüllt, damit ein Einfluss des Betrachtens der Lösungsvorschläge im Prototyp auf die Angabe der Vorkenntnisse ausgeschlossen werden konnte.

6.4.2 Fragen zur Beurteilung des Prototyps

Den Hauptteil des Fragebogens machte der dritte Teil aus, in dem die einzelnen Lösungsvorschläge (Situationen) beurteilt werden mussten («Teil C»). Die Fragen darin sind alle gleich aufgebaut; zu jeder im Prototyp präsentierten Situation gibt es eine Frage. Als Beispiel ist die Frage C4 aus dem ersten Prototyp unten abgebildet (Abb. 6.6). Die Situation wird als Einleitung der Frage zuerst in einem oder wenigen Sätzen geschildert. Diese Schilderung deckt sich inhaltlich mit der in Kapitel 6.3 erwähnten mündlichen Schilderung während des Präsentierens. Eine Auflistung aller Situationen in Kurzform ist in Tab. 6.1 zusammengefasst.

Danach wird jede Lösungsvariante ebenfalls mit einem Satz oder Stichwort umschrieben, daneben stehen zur Bewertung die fünf Kategorien «gar nicht sinnvoll», «weniger sinnvoll», «brauchbar», «sinnvoll» und «sehr sinnvoll» (in Abb. 6.6 Nummern 20a bis 20c). Somit werden fast alle der total 60 Varianten auf der gleichen Fünferskala bewertet. Die Ausnahmen sind unten erwähnt.

Die Probanden wurden darauf hingewiesen, dass sie bei der Beurteilung *keine* Rangordnung unter den Varianten erstellen *müssen*. Damit war es ihnen theoretisch möglich, alle Varianten zu einer Situation mit der gleichen Bewertung zu versehen.

Schliesslich wird zum Schluss jeder Situation eine Zusatzfrage gestellt (in Abb. 6.6 Nummer 20d), in der die Testpersonen aus den präsentierten Lösungsvorschlägen ihren *Favoriten* nennen mussten. Diese *Entscheidungsfrage* ermöglicht bei der Auswertung eine erste interne Kontrolle der Antwortqualität der Testpersonen: Die Beurteilung der Varianten sollte der Favoritennennung nicht widersprechen. Ansonsten würde dies zu Zweifeln an der Seriosität beim Ausfüllen berechtigen und damit die Verlässlichkeit (Reliabilität) der Testergebnisse in Frage stellen.

C4: Grösse der Legende

20 Die Höhe und Breite der Legende variiert je nach Kartenthema. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie die Legende auf die unterschiedlichen Grössen reagiert. Welche Lösung finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
20a	- Die Grösse ist fix. Bei wenig Elementen entstehen Leerstellen. Wenn es zu viele sind, erweitert ein Scrollbar den Platz.	☐	☐	☐	☐	☐
20b	- Die Grösse passt sich automatisch der Anzahl Elemente in der Karte an. Die Legende ist dadurch immer voll.	☐	☐	☐	☐	☐
20c	- Die Grösse der Legende kann vom Betrachter manuell angepasst werden. Um leere Stellen oder zu engen Platz zu vermeiden, muss die Grösse jeweils angepasst werden.	☐	☐	☐	☐	☐
20d	- Welche der 3 genannten Möglichkeiten ist Ihr Favorit?	20a) fix ☐	20b) automatisch ☐	20c) manuell ☐		

Abb. 6.6: Beispiel aus dem Fragebogen zur Evaluation des ersten Prototyps

Bei zwei geschilderten Situationen (C6 und C8) wurde diese Entscheidungsfrage etwas abgeändert. Dort wurde nach den *zwei* wichtigsten Varianten gefragt. Und für die Situation C1 wurde sie weggelassen, da davon ausgegangen wurde, dass sie sich aufgrund der Art der Frage und der zur Verfügung stehenden Varianten erübrigt.

Vor der ersten Situation C1 wurde eine Beispielfrage präsentiert und daran der Ablauf des gesamten Teils C erklärt. Die Beispielfrage besteht aus zwei Varianten, die später bei der Situation C6 in gleicher Weise wieder vorkamen, dann allerdings zusammen mit zwei weiteren Varianten. Dadurch wurden die für die Beispielfrage gewählten Varianten von jeder Testperson zweimal beurteilt, was wiederum einen Rückschluss auf die Seriosität der Probanden beim Ausfüllen zulässt. Es ist jedoch zu erwähnen, dass Abweichungen auch bei einer seriösen Beurteilung durchaus berechtigt wären, da bei der Demonstration der Situation C6 wie gesagt *vier* Varianten gezeigt wurden. Dadurch ist es denkbar, dass die beiden «neuen» Varianten die Bewertung der beiden schon bekannten beeinflussen.

6.4.3 Der zweite Fragebogen

Der Fragebogen zur Evaluation des zweiten Prototyps ist grundsätzlich sehr ähnlich aufgebaut wie der erste Fragebogen, unterscheidet sich aber in einigen Punkten.

- Der Teil zu den persönlichen Angaben wurde etwas verkürzt, blieb aber so weit erhalten, dass eine eindeutige Zuordnung zum ersten Fragebogen des entsprechenden Probanden gemacht werden konnte.
- Auf diese Weise war es möglich, den zweiten Teil zu den persönlichen Vorkenntnissen wegzulassen, da diese Daten durch die Zuordnung bereits aus der ersten Befragung bekannt waren.
- Zu den Situationen wurden immer zwei oder drei Lösungsvarianten gezeigt, nie aber deren vier.
- In gleicher Weise wie beim ersten Fragebogen wurde zum Abschluss jeder Situation die Entscheidungsfrage nach dem Favoriten gestellt.
- Einzig Situation 3 war grundsätzlich anders. Dabei wurden in den zwei Varianten verschiedene Möglichkeiten von Legendengrößen präsentiert, von denen sich die Probanden für eine entscheiden, nicht aber sie bewerten mussten.

6.5 Legendenspezifischer Inhalt des Fragebogens

Der Inhalt des ersten Fragebogens bezieht sich, neben dem Erfassen der persönlichen Merkmale und Vorkenntnisse, *ausschliesslich* auf die im Prototyp umgesetzten Situationen in Form der Fragen, wie sie oben beschrieben wurden. Deshalb ist durch das

Erwähnen des Inhalts des Fragebogens gleichzeitig auch der Inhalt des Prototyps beschrieben und kann in diesem Sinne gleich behandelt werden.

Wie bereits eingangs dieses Kapitels erwähnt, basiert die Auswahl des Inhalts auf den drei Pfeilern Fachliteratur, Analyse und Erfahrung (vgl. S. 71). So haben sich neun Bereiche herauskristallisiert, zu denen je eine Situation mit ihren Varianten im ersten Prototyp umgesetzt wurde und sich entsprechend je eine zugehörige Frage ergeben hat. Diese neun auf die Legende bezogenen Bereiche sind im Folgenden tabellarisch in Kurzform beschrieben (Tab. 6.1). Detaillierter wird nochmals bei der Präsentation der Resultate in Kapitel 8.2 darauf eingegangen und für den exakten Wortlaut sei auf den Fragebogen im Anhang B verwiesen.

Situation	Beschreibung
C1: Zugang zur Legende	Wie gelangt der Nutzer zur Legende?
C2: Anordnung der Legende	Wie wird die Legende angeordnet?
C3: Aufrufen der Legende	Wie wird die Legende aufgerufen?
C4: Grösse der Legende	Wie passt sich die Grösse der Legende dem Inhalt an?
C5: Inhalt der Legende	Welcher Inhalt wird in der Legende präsentiert?
C6: Legendenfunktionen	Welche Funktionen übernimmt die Legende?
C7: Kombination von Legende und Karten-Ebenen	Wie werden die Legende und Funktionen zur Steuerung der Kartenebenen kombiniert?
C8: Funktionen eines «Legendencenters»	Welche Funktionen sind in einer erweiterten Legende denkbar?
C9: Zugang zum «Legendencenter»	Wie gelangt der Nutzer zu einer erweiterten Legende?

Tab. 6.1: Die neun Situationen des ersten Prototyps

Die Auswahl der Situationen und Fragen für den zweiten Prototyp erfolgte nach der Auswertung der ersten Befragung. Zum einen wurde bei Varianten des ersten Prototyps, die von den Probanden favorisiert wurden, nachgefragt, und daraus entstanden neue Situationen für den zweiten Prototyp. Denn auch innerhalb der favorisierten Varianten gab es wiederum verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten, auf die man mit der ergänzenden Frage im zweiten Prototyp eingehen wollte. Oder es ergaben sich daraus etwas weiter gefasst neue Situationen, die zwar nicht direkt aus einer favorisierten Variante aus dem ersten Prototyp hervorgingen, sich aber beim Analysieren der Resultate ergaben (z.B. Situation 3).

Zum anderen wurden aber auch Situationen integriert, die sich nicht direkt aus den Resultaten der ersten Evaluation ergaben, dennoch aber von Interesse waren (z.B. Situation 4 oder 12).

Alle zwölf Situationen werden untenstehend tabellarisch zusammengefasst (Tab. 6.2). In der dritten Kolonne wird, falls vorhanden, auf die entsprechende Situation des ersten Prototyps verwiesen (z.B. «C2»), aus der sich die neue Frage ergab. Der Verweis steht in Klammern, wenn sich die neue Situation nur indirekt aus einer Situation des ersten Prototyps ergeben hat.

Auch für diese Tabelle sei für detaillierte Angaben auf die Präsentation der Resultate in Kapitel 8.2 oder den zweiten Fragebogen im Anhang C verwiesen.

Situation	Beschreibung	Verweis
D1: Anordnung der Legende	Organisation beim 2. Öffnen	C2
D2: Grösse der Legende	Organisation beim 2. Öffnen	C4
D3: Maximale Grösse der Legende	Wie viel Platz darf die Legende maximal einnehmen?	(C4)
D4: Hintergrund der Legende	Gestaltungsart des Hintergrundes der Legende	-
D5: Zugang zum Legendencenter	Wie gelangt der Nutzer zum Legendencenter?	C9
D6: Funktionen eines Legendencenters: Farbwahl - Symbolisierung	Farbwahl oder Symbolisierungsoptionen in einem Legendencenter?	C8
D7: Funktionen eines Legendencenters: Symbolisierungsoptionen	Sind den Nutzer unterstützende Funktionen bei der Selektion erwünscht?	(C8)
D8: Funktionen eines Legendencenters: Favorisierung Farbwahl / Symbolisierung	Wird die Farbwahl oder die Symbolisierung favorisiert?	(C8)
D9: Inhalt der Legende der Basiskarte	Wie ausführlich wird die Legende zur Basiskarte abgebildet? Sind «smarte» Funktionen erwünscht?	C5
D10: Inhalt der Legende des Themas	Wie ausführlich wird die Legende zum Thema der Karte abgebildet? Sind «smarte» Funktionen erwünscht?	C5
D11: Hinzuschalten von Kategorien	Wie werden nicht eingeblendete Ebenen hinzugeschaltet?	(C5)
D12: Kombination von zwei Legenden	Wie werden bei zwei dargestellten Kartenthemen die Legenden kombiniert?	-

Tab. 6.2: Die zwölf Situationen des zweiten Prototyps

7 Methodik der statistischen Auswertung

In diesem Kapitel werden die für die Auswertung der beiden Evaluationen verwendeten statistischen Methoden vorgestellt. Zuerst wird darauf aufmerksam gemacht, dass die auszuwertenden Daten in zwei grundsätzlich verschiedene Kategorien eingeteilt und entsprechend verschieden gehandhabt werden müssen (Kapitel 7.1). Sodann wird in Abschnitt 7.2 das Skalenniveau der beiden Kategorien festgelegt.

Abschnitt 7.3 behandelt ausführlich, wie die Kategorie der Beurteilungsfragen ausgewertet wurde. Dabei wird die gewählte Darstellungsform dieser Daten erwähnt und das Vorgehen zur Anwendung von statistischen Tests geschildert. Danach werden kurz die Methoden genannt, die für eine Auswertung nach Merkmalsgruppen in Frage kommen (7.4), bevor im letzten Teil aufgezeigt wird, wie die Entscheidungsfragen dargestellt werden (7.5).

Die statistische Auswertung der Fragebogen wurde mit Unterstützung des Statistikprogramms «SPSS for Windows», Version 14.0, durchgeführt. Alle in der vorliegenden Arbeit genannten statistischen Tests und deren Resultate basieren auf der Verwendung dieses Programms. Für weiterführende Informationen und Beschreibungen des Programms sei auf Kähler [2004], Hirsig [2004A] sowie Hirsig [2004B] verwiesen. Ebenfalls sind dort alle wichtigen Grundlagen der verwendeten Statistik und Hintergrundinformationen zu den Tests zu finden.

7.1 Zwei Kategorien von Fragenarten

Sämtliche Fragen des Fragebogens, die die Legendengestaltung und –umsetzung betreffen (im Gegensatz zu den Fragen, die zur Erhebung des Profils der Probanden dienen), können in zwei grundsätzlich verschiedene Kategorien eingeteilt werden (vergleiche Abb. 6.6). In die erste Kategorie gehören die *Beurteilungsfragen*, bei denen die Testperson aufgefordert wird, den demonstrierten Lösungsvorschlag einer der fünf zur Verfügung stehenden, wertenden Kategorien zuzuordnen. Die zweite Kategorie bilden die *Entscheidungsfragen*, die zum Schluss jeder Fragegruppe gestellt wurden, in denen sich die Testperson für den von ihr favorisierten Lösungsvorschlag entscheiden musste. Die beiden Kategorien sind deshalb für die Auswertung grundsätzlich verschieden zu handhaben.

7.2 Skalenniveau der auszuwertenden Daten

Bei den Beurteilungsfragen sind die Daten mit den fünf zur Verfügung stehenden Kategorien erst einmal ordinalskaliert. Damit aber die Antworten mit einem Computerprogramm ausgewertet werden können, müssen diese kodiert werden [KÄHLER 2004]. Dies wird mit einer Skala von -2 bis +2 Punkten für die fünf Kategorien «gar nicht sinnvoll», «weniger sinnvoll», «brauchbar», «sinnvoll» und «sehr sinnvoll» umgesetzt. Dadurch kann das Skalenniveau der Antworten als *intervallskaliert* bezeichnet werden. Dies erlaubt es, nebst dem Auswerten der Häufigkeiten und Vergleichen der Verteilungen auch einen Mittelwert mit Standardabweichung zu bilden. Das Vorgehen zur Auswertung der Beurteilungsfragen ist in Kapitel 7.3 beschrieben.

Bei den Entscheidungsfragen ist ausschliesslich von einer *Nominalskala* auszugehen. Die Testpersonen werden aufgefordert, ihren Favoriten auszuwählen, und haben dabei keine weiteren Rangier- oder Abstufungsmöglichkeiten. Kapitel 7.5 beschreibt die Auswertung der Entscheidungsfragen.

Dieser Unterschied zwischen den beiden Fragegruppen hat zur Folge, dass die Fragen im Grundsatz verschieden ausgewertet werden müssen. Deshalb sind im Folgenden die beiden gewählten Verfahren auch getrennt voneinander beschrieben.

7.3 Auswertung der Beurteilungsfragen

Im Folgenden werden die Darstellungsart und die verwendeten statistischen Tests der Beurteilungsfragen aus den Evaluationen beschrieben.

7.3.1 Darstellung des Mittelwertes

Wie oben beschrieben werden die Antworten dieser Fragegruppe zuerst auf einer Intervallskala eingeschätzt. Dies ermöglicht die Berechnung des Mittelwertes mit dazugehöriger Standardabweichung. Dieses Vorgehen zur Auswertung wird auch im Fragebogen «ISONORM 9241/10 – Beurteilung von Software auf Grundlage der Internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241/10» empfohlen, welcher im Kern gleich aufgebaut ist [SOZIALNETZ URL 2006]. Die so ermittelten Resultate liefern erste Hinweise, welche Lösungsvorschläge eher auf Akzeptanz stossen dürften und welche eher nicht. Konkrete Hinweise müssen mit einem weiteren Prototyping-Schritt mit interaktiver Einbindung der Testperson(en) eruiert werden.

Wie ebenfalls bei den Erläuterungen zum ISONORM-Fragebogen beschrieben, werden die Mittelwerte innerhalb einer Fragengruppe graphisch gegeneinander aufgetragen, um die mittlere Beurteilung der je nach Frage bis zu vier verschiedenen Lösungsvarianten auf einen Blick vergleichen zu können. [SOZIALNETZ URL 2006]

Die Mittelwerte (Mean) werden farblich (rotbraun) mit horizontalen Balkendiagrammen dargestellt, wobei von der neutralen («0», «brauchbar») Bewertung aus bei positivem Mittelwert gegen rechts, bei negativem gegen links abgetragen wird (Abb. 7.1). Ergänzend wird in der gleichen Farbe rechts der exakte Mittelwert in Zahlen angegeben. Zusätzlich werden die Standardabweichung (StdDev) und der Modalwert (Mode) aufgeführt.

Wenn sich die Bewertungen von zwei Varianten signifikant voneinander unterscheiden (siehe hierzu Kapitel 7.3.3), so wird dies mit einem Stern (*) zwischen den beiden Mittelwerten gekennzeichnet. Da aber oft drei oder gar vier Varianten miteinander verglichen werden, kann nicht für jede Kombination ein Stern gezeichnet werden. Die Kennzeichnungen werden deshalb auf ein «sinnvolles Minimum» beschränkt. So liegt im unten abgebildeten Beispiel (Abb. 7.1) ein signifikanter Unterschied zwischen Variante 1) und 2) wie auch zwischen 1) und 3) vor, trotzdem wird nur 1 Stern dargestellt. Weil diese Zuordnung nicht in jedem Fall eindeutig ist, wird immer auch im Text auf die Resultate der Signifikanztests eingegangen.

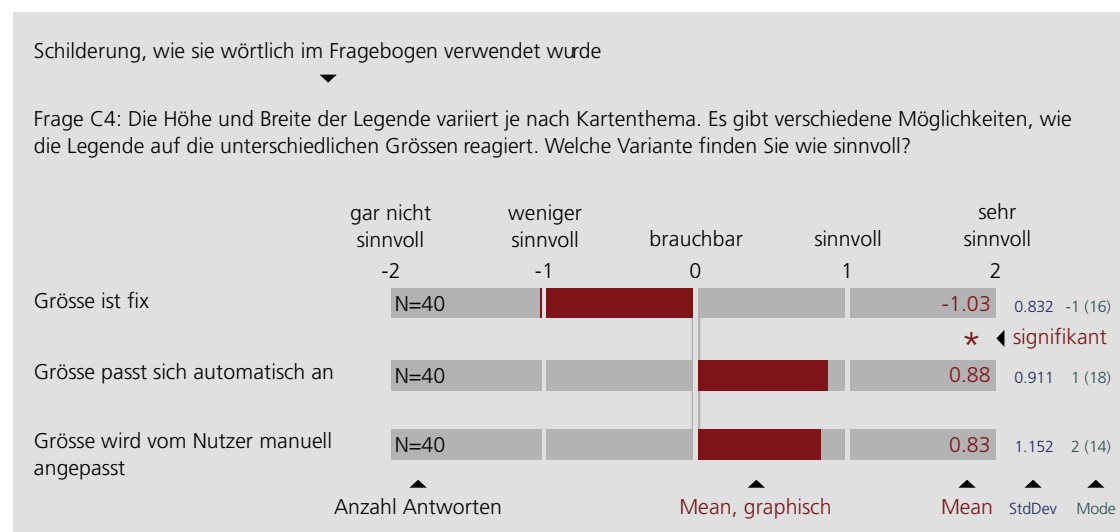


Abb. 7.1: Auswertung Beurteilungsfragen: Balkendiagramm zur Darstellung des Mittelwerts

Der Modalwert ist derjenige Ausprägungsgrad («sehr sinnvoll», «sinnvoll» etc.), der pro Situation (z.B. «Grösse ist fix») am häufigsten genannt wurde [HIRSIG 2004A]. Er kann helfen, eine bessere Vorstellung über die Verteilung der Daten zu erhalten und damit die Daten besser zu interpretieren. Hinter dem Modalwert steht jeweils in Klammern, wie oft er genannt wurde.

Die Angabe der Standardabweichung spielt dabei aufgrund der später gewählten und im Kapitel 7.3.3 genauer beschriebenen statistischen Tests eine untergeordnete Rolle und wird in erster Linie zur Komplettierung der Datenbeschreibung angegeben.

Als Beispiel (Abb. 7.1) wurden die Resultate derjenigen Frage ausgewählt, die bereits in Kapitel 6.4.2 zur Illustration des Aufbaus des Fragebogens gezeigt wurde (Abb. 6.6). Die Analyse dieser Resultate erfolgt im Kontext der Diskussion mit allen anderen Resultaten in Kapitel 8.

7.3.2 Die Verteilung der Daten

Da zu jeder Situation verschiedene Lösungsansätze präsentiert wurden, ist es wichtig, herauszufinden, ob die Tendenz der Antworten zu einem bestimmten Lösungsvorschlag sich von derjenigen zu einem anderen Lösungsvorschlag unterscheidet. Um die Tendenz der Antworten aber untereinander vergleichen zu können, muss zuerst geprüft werden, von welcher Verteilung ausgegangen werden kann.

Dabei spielt die Frage, ob man von einer wenigstens annähernden Normalverteilung der Antworten ausgehen kann, die zentrale Rolle. Denn wäre dies der Fall, würde das den Einsatz von parametrischen Tests erlauben. Sind die Voraussetzungen für parametrische Tests nicht gegeben, *«bietet sich unter Umständen der Einsatz von nichtparametrischen Tests an, mit denen die Übereinstimmung von Verteilungen prüfbar ist»* [KÄHLER 2004, S. 240]. Auch wenn davon ausgegangen werden kann, dass die Daten vermutlich nicht normalverteilt sind, wird dieser Schritt der Vollständigkeit halber dennoch durchgeführt, auch weil zuvor für die Überblicksdarstellung die Daten als intervallskaliert interpretiert wurden.

Um zu testen, ob es sich um eine Normalverteilung handelt, wurde der «Kolmogorov-Smirnov Goodness of Fit-Test» (KS) angewendet, welcher die vorliegenden empirischen Verteilungen mit einer Normalverteilung vergleichen kann. Dabei muss das Augenmerk besonders auf die Nullhypothese H_0 sowie die Wahl des Signifikanzniveaus gelegt werden, denn diese haben beim KS eine etwas spezielle Stellung.

Die Nullhypothese H_0 besagt, dass sich die empirische Verteilung nur zufällig von der Normalverteilung unterscheidet. Wenn H_0 angenommen werden kann, kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden. Mit diesem Entscheid wird festgelegt, ob für die weiteren Prüfverfahren mit parametrischen (im Falle einer Normalverteilung) oder nichtparametrischen Tests vorgegangen werden kann.

Für die Aussagekraft der Tests wäre es ideal, wenn mit parametrischen Verfahren geprüft werden könnte, da deren Teststärke – bei gleichem Testniveau und gleichem Stichprobenumfang – höher ist [KÄHLER 2004].

Wie bei jedem statistischen Test gilt es aber auch beim KS zu beachten, was die Folgen eines Irrtums sind. Wird der Fehler erster Art (Alpha-Fehler: die Nullhypothese wird fälschlicherweise abgelehnt) begangen, so würden Daten im weiteren Verlauf als nicht normalverteilt behandelt, obwohl sie es wären. Dies hätte zur Folge, dass ein statistisch

zwar schwächerer Test angewendet wird, dieser aber dennoch korrekte Ergebnisse liefert.

Im Falle eines Fehlers zweiter Art (Beta-Fehler: es wird fälschlicherweise bei der Nullhypothese geblieben) würden die Daten irrtümlicherweise als normalverteilt betrachtet und damit parametrische Tests angewendet, deren Ergebnisse jedoch nicht zulässig wären.

Im Falle des KS ist also – im Gegensatz zu vielen anderen statistischen Tests – der Beta-Fehler die schlimmere Variante, weshalb versucht werden sollte, ihn zu minimieren (auf Kosten des Risikos, den Alpha-Fehler zu begehen). Im Gegensatz zum Risiko eines Beta-Fehlers kann auf das Risiko eines Alpha-Fehlers direkt Einfluss genommen werden: durch das Zulassen einer höheren Irrtumswahrscheinlichkeit bei der Prüfung von H_0 . Damit wird zwar das Risiko eines Alpha-Fehlers erhöht, dafür aber dasjenige eines Beta-Fehlers indirekt reduziert.

Aus diesem Grund wird hier für den KS ein Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit) von $\alpha=25\%$ gewählt.

Für detailliertere Informationen zum KS sowie zur Wahl des Signifikanzniveaus bei diesem Test sei auf Hirsig [2004A] verwiesen.

Es sei an dieser Stelle bereits auf die Resultate des KS vorgegriffen: Da sich beim KS herausstellte, dass sämtliche Daten (bis auf eine einzelne Teilfrage) *nicht* normalverteilt sind, wird im Folgenden nur die Methodik der auch tatsächlich durchgeführten nicht-parametrischen Tests erwähnt.

7.3.3 Vergleich der zentralen Tendenz der Teilfragen

Lassen sich keine parametrischen Tests durchführen, so kann auf nichtparametrische Tests ausgewichen werden, mit denen die zentralen Tendenzen von Stichproben verglichen werden können. [KÄHLER 2004]

In einem ersten Schritt soll untersucht werden, ob sich in der Beurteilung der Varianten a), b), c) und d) (bei einigen Situationen auch nur 2 oder 3 Varianten) signifikante Unterschiede in der Verteilung zwischen ihnen ergeben, ob also die Zentraltendenzen unterschiedlich sind. Wenn dies der Fall ist, heisst das, dass die unterschiedliche Bewertung nicht bloss durch den Zufall erklärt werden kann.

Um festzulegen, welcher Signifikanztest in diesem Fall angewandt werden darf, muss als Erstes entschieden werden, ob es sich um abhängige oder unabhängige Stichproben handelt. In diesem Fall, wo die verschiedenen Teilfragen (und damit verschiedene Lösungsvorschläge zu einer Situation) miteinander verglichen werden sollen, handelt es sich um *abhängige Stichproben*.

Wenn die Daten *nicht* normalverteilt sind, spielt es keine Rolle, ob man von einer Ordinal- oder einer Intervallskala ausgeht. So oder so ist dann für den Vergleich von *mehr* als zwei abhängigen Stichproben die «Friedman'sche Rangvarianzanalyse» anzuwenden [KÄHLER 2004]. Eine Ablehnung von H_0 bedeutet, dass sich mindestens zwei Stichproben bezüglich der zentralen Tendenz signifikant unterscheiden. Zwischen welchen Stichproben signifikante Unterschiede bestehen, kann mit dem Friedman-Test nicht entschieden werden [HIRSIG 2004B].

Diese Frage kann nur mit Einzelvergleichen von *zwei* Stichproben beantwortet werden. In diesem Fall (abhängige Stichproben) eignet sich dafür der «Wilcoxon Rangsummentest». Auch hier bedeutet eine Ablehnung von H_0 , dass sich die zentralen Tendenzen der beiden Stichproben nicht nur zufällig unterscheiden, dass also ein signifikanter Unterschied vorliegt. [HIRSIG 2004A]

Das Vorgehen zur Wahl des jeweiligen statistischen Tests ist in untenstehender Graphik dargestellt (Abb. 7.2). «NV?» steht dabei abgekürzt für «normalverteilt?».

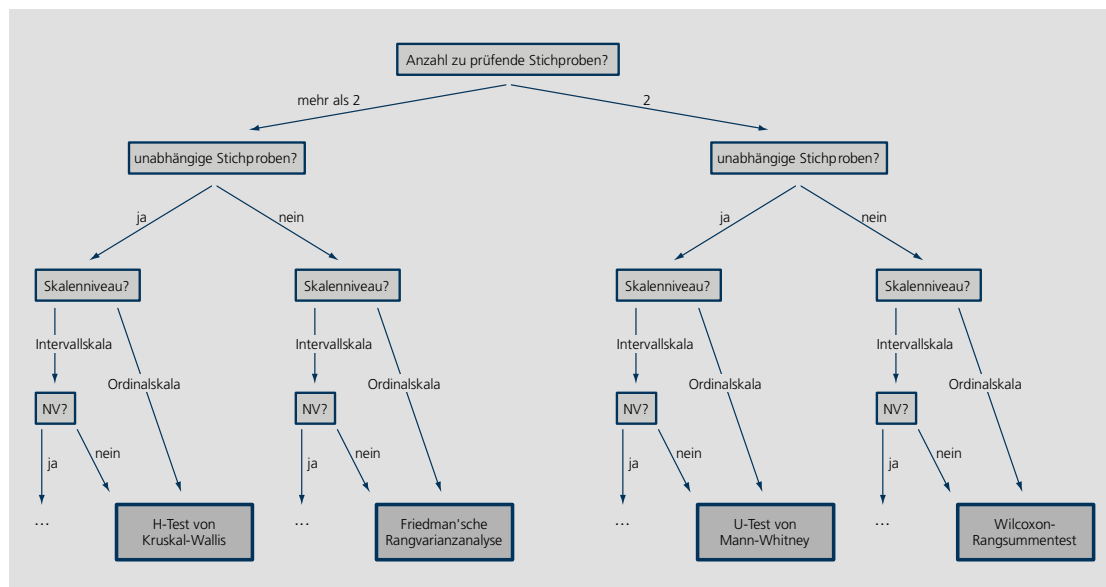


Abb. 7.2: Vorgehen zur Wahl des statistischen Tests zur Prüfung auf Unterschiede
[nach Kähler 2004, S. 330 und S. 350, modifiziert]

Für beide Tests, den Friedman-Test und den Wilcoxon Rangsummentest, wird für den Entscheid über Ablehnung oder Annahme von H_0 das in der Statistik übliche Signifikanzniveau von 5% gewählt [KÄHLER 2004]. Liegt der Testwert unter 5%, so wird H_0 verworfen.

Die einzigen normalverteilten Antworten (Frage 10 der zweiten Befragung) werden gleich behandelt wie alle anderen (nicht normalverteilten) Antworten und mit den gleichen nichtparametrischen Tests ausgewertet. Dadurch wird zwar die Aussagekraft der Tests etwas geschwächt, ein Fehler wird dadurch aber nicht begangen. Und da alle

übrigen Tests auch nur auf dem nichtparametrischen Niveau gemacht werden dürfen, ist dafür eine Konsistenz in der Wahl der Tests vorhanden. Die Resultate der aufgeführten Tests sind in Kapitel 8.2 und 8.3 erwähnt.

7.4 Vergleich von Merkmalsgruppen

Aufgrund des Aufbaus des Fragebogens (vgl. Kapitel 6.4) mit der integrierten Erhebung von persönlichen Angaben und Vorkenntnissen der Probanden ist es möglich, für die Auswertung Merkmalsgruppen zu bilden. Diese Gruppen lassen sich statistisch auf Unterschiede prüfen, womit Aussagen gemacht werden können, ob gewisse Merkmalsausprägungen einen Einfluss auf das Antwortverhalten haben könnten.

Dies wird in der vorliegenden Arbeit bei den *Beurteilungsfragen* für ausgewählte Situationen und ausgewählte Merkmalsgruppen gemacht und ebenfalls in Kapitel 8.3 präsentiert. Es handelt sich dabei also um die gleichen Daten, die *nicht* normalverteilt sind.

Da in diesem Fall aber die Antworttendenzen von *zwei* Merkmalsgruppen zu *einer* Variante verglichen werden sollen, handelt es sich um *unabhängige* Stichproben. Deshalb muss für den Vergleich der «U-Test von Mann-Whitney» (U-Test) herbeigezogen werden; für den Vergleich von *mehr* als zwei Merkmalsgruppen wäre es der «H-Test von Kruskal-Wallis» [KÄHLER 2004]. Vergleiche zum Auswahlverfahren des Tests auch obige Darstellung (Abb. 7.2).

Die Nullhypothese lautet dabei gleich wie bei den beschriebenen Tests für abhängige Stichproben (Kapitel 7.3.3), getestet wird ebenfalls bei einem Signifikanzniveau von 5%. Liegt der Testwert darunter, wird H_0 verworfen und damit kann in diesem Fall auch hier der Zufall für die unterschiedlichen Antworttendenzen ausgeschlossen werden.

7.5 Auswertung der Entscheidungsfragen

Wie in Kapitel 7.2 erwähnt, liegt im Falle der Entscheidungsfragen eine Nominalskala vor. Die Probanden wählen aus der Liste mit den zwei bis vier Lösungsvarianten ihren Favoriten aus und markieren diesen, ohne dabei weiter zu kategorisieren oder zu bewerten. Dadurch liegt nach durchgeführter Evaluation eine Häufigkeitsverteilung vor, bei der jeder Variante eine bestimmte Anzahl Nennungen zuzuordnen sind.

Kähler [2004] empfiehlt, in diesem Fall eine graphische Darstellung in Form eines Säulendiagramms zu verwenden, um damit mehrere Häufigkeiten auf einen Blick besser vergleichen zu können. Dadurch kann die Gewichtigkeit eines Wertes im Hinblick auf das Auftreten der anderen Werte erkannt werden.

Statistische Tests werden im Falle der Entscheidungsfragen keine gemacht. Die Resultate aber werden zusammen mit den Resultaten der Beurteilungsfragen in Kapitel 8 diskutiert. Die Häufigkeitsverteilungen der Entscheidungsfragen werden wie in untenstehender Darstellung abgebildet mit senkrechten Säulendiagrammen angegeben (Abb. 7.3), aus Platzgründen aber sind sie im Anhang A präsentiert. Bei der Diskussion der Resultate wird immer auf die jeweils zugehörige Abbildung im Anhang verwiesen.

Die ausgewählte Abbildung stellt wiederum die Resultate der gleichen Frage dar, die schon in Kapitel 7.3.1 zur Illustration der Beurteilungsfragen gedient hat.

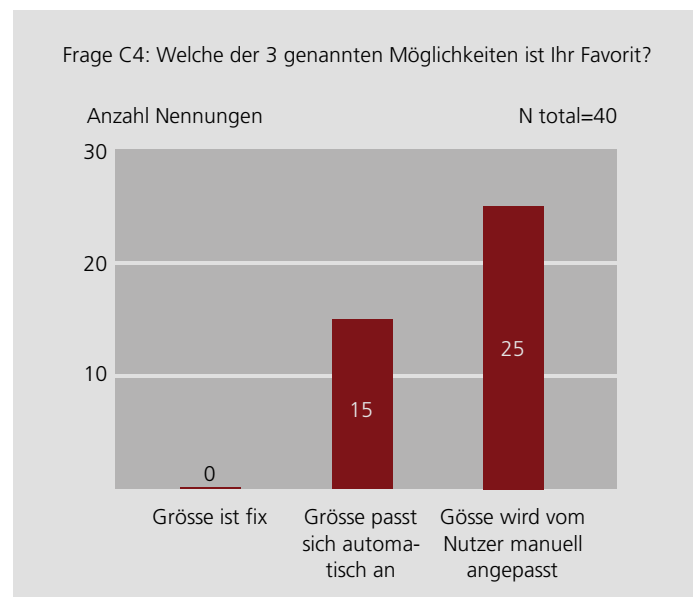


Abb. 7.3: Auswertung Entscheidungsfragen: Häufigkeiten der Favoritennennung

Teil III: Resultate und Illustration

8 Resultate und Diskussion

In diesem Kapitel wird auf die Resultate der zwei durchgeführten Evaluationen eingegangen. Wie in Kapitel 6 beschrieben beziehen sich die Evaluationen dabei auf die Präsentationen der skizzenartigen Prototypen.

Im ersten Teil wird das Profil der Probanden in Worte gefasst: Die wichtigsten soziometrischen Daten sowie die Erfahrung der Probanden im Umgang mit Computern und digitalen Karten werden zusammengefasst (8.1). Im umfangreichen zweiten Teil werden die Resultate der auf die Legenden bezogenen Fragen präsentiert und in einem grösseren Zusammenhang ausführlich diskutiert (8.2). Im dritten Teil wird kurz auf den Vergleich der Resultate von Merkmalsgruppen eingegangen (8.3), ehe zum Schluss einige Bemerkungen zum gewählten Verfahren der Untersuchungen angefügt werden (8.4).

Die Rohdaten der Resultate, die dieser Präsentation und Diskussion zu Grunde liegen sind in digitaler Form auf der beigelegten Daten-CD einsehbar.

8.1 Profil der Probanden

Die in diesem Abschnitt diskutierten soziometrischen Merkmale der Probanden sind untenstehend in Tab. 8.1 zusammengefasst.

Wie bereits erwähnt, wurde die Erhebung mit zwei Schulklassen einer Kantonsschule (Gymnasium), total 40 Schüler, durchgeführt. Mit je 20 Frauen und Männern war die Verteilung auf die Geschlechter gleichmässig.

Die eine Klasse besuchte zur Zeit der Erhebung das 10., die andere das 11. Schuljahr. Das Durchschnittsalter beider Klassen zusammen war damit 16.8 Jahre, wobei gut die Hälfte (19 Schüler) 17-jährig waren, 12 Schüler waren 16-jährig, 7 waren 18-jährig und 2 waren 15-jährig.

Der Ausbildungsweg der Schüler war unterschiedlich. 28 von ihnen besuchten nach der Grundschule zuerst die Sekundarschule und wechselten erst danach ans (Kurzzeit-) Gymnasium. Die anderen 12 gingen nach der Grundschule direkt aufs (Langzeit-) Gymnasium. Dies dürfte auch der Hauptgrund sein, weshalb die Verteilung der Anzahl Ausbildungsjahre nicht genau derjenigen des Alters entspricht. So gaben 4 Schüler an, im 12. Ausbildungsjahr zu sein, 23 im 11. und 12 im 10. Ausbildungsjahr. Nur jemand gab an, erst im 9. Ausbildungsjahr zu sein.

Bei der Frage nach der Häufigkeit der Computernutzung gaben 26 (65%) der Probanden an, diesen täglich zu nutzen, 13 (32.5%) 2- bis 4-mal pro Woche. Eine Person nutzt den Computer den Angaben zufolge bloss 3- bis 5-mal pro Monat. Dabei schätzen 25 (62.5%) ihre generellen Computerkenntnisse als «gut» (23) oder «sehr gut» (2) ein, 13 immer noch als «mittelmässig». 2 stuften sich als Nutzer mit «schlechten» generellen Computerkenntnissen ein, niemand aber als mit «sehr schlechten». Die Männer schätzten sich in diesem Punkt durchschnittlich ganz leicht besser ein als die Frauen.

Von den 40 Testpersonen gaben 34 (85%) an, in den letzten zwei Jahren Computerspiele gespielt zu haben, wobei «Computerspiele» im Sinne von umfangreichen Spielen, wie sie bei der PlayStation2 oder der Xbox üblich sind, verstanden wurden. Die betriebs-systemeigenen kleinen Spiele wie Solitaire oder ähnliche wurden für die Frage explizit ausgeschlossen. Von den 34 «spielenden» Probanden beschäftigen sich 16 (47%) mehrmals pro Woche auf diese Art mit dem Computer (6 wählten die Kategorie «fast täglich», 10 die Kategorie «2- bis 3-mal pro Woche»). 10 Probanden (29.4%) spielen «3- bis 5-mal pro Monat» Computerspiele, 3 gaben an, es «1-mal pro Monat» zu tun. Und 5 sagten, es komme weniger als 1-mal pro Monat vor.

Dass bei allen Testpersonen das Thema «Kartenkunde» im Geographieunterricht bereits behandelt wurde, wurde bereits vor der Präsentation der Prototypen angenommen und hatte sich auch bestätigt.

Ebenfalls ausnahmslos gaben alle an, interaktive Karten bereits vor der Evaluation gesehen zu haben. Dabei sind die Internetkarten am bekanntesten: 33 kannten solche bereits vorher. Aber auch Routenplaner (28) und dreidimensionale Anwendungen (23) wie «Google Earth» oder «Virtual Earth» kannte ein grosser Teil. Immer noch knapp mehr als die Hälfte (21) hatten auch schon digitale Atlanten gesehen.

8 der Probanden nutzen die ihnen bekannten interaktiven Karten «oft», 15 weitere «manchmal». 12 Testpersonen benutzen sie «nur selten» und 5 gar nicht.

Bei der Selbstbeurteilung der Kenntnisse im Umgang mit interaktiven Karten stufte sich nur eine Person in der Kategorie «sehr gut», 16 aber bei «gut» ein. 15 betrachteten ihre Kenntnisse als «mittelmässig» und 7 als «schlecht». Niemand beurteilte seine Kenntnisse als «sehr schlecht». In diesem Punkt schätzten sich die Männer besser ein als die Frauen. So haben sich 13 Männer mit «gut», 13 Frauen aber mit «mittelmässig» bewertet.

Merkmal / Frage	Antworten (Absolutwerte)				
Geschlecht	20 Frauen	20 Männer			
Alter	16.8 Jahre Mittelwert	7 18-jährig	19 17-jährig	12 16-jährig	2 15-jährig
Ausbildungsart	28 Sekundarschule & Kurzzeitgymnasium		12 Langzeitgymnasium		
Ausbildungsjahre	10.8 Jahre Mittelwert	4 12 Jahre	23 11 Jahre	12 10 Jahre	1 9 Jahre
Häufigkeit Computernutzung	26 täglich	13 2-4x/Wo	1 3-5x/Mo	0 1x/Mo	0 weniger
Computer- Kenntnisse generell	2 sehr gut	23 gut	13 mittel	2 schlecht	0 s.schlecht
Computerspiele gespielt?	34 ja	6 nein			
Wenn ja, wie oft? (N=34)	6 fast täglich	10 2-3x/Wo	10 3-5x/Mo	3 1x/Mo	5 weniger
«Kartenkunde» behandelt?	40 ja	0 nein			
Kennen Sie interaktive Karten?	40 ja	0 nein			
Wenn ja, welcher Art?	33 Internetkarten	28 Routenplaner	21 digitale Atlanten	23 3-dimensionale Anwendungen	
Obengenannte selbständig benutzt?	8 oft	15 manchmal	12 selten	5 nein	
Beurteilung Kenntnisse interaktive Karten	1 sehr gut	16 gut	15 mittel	7 schlecht	0 s.schlecht

Tab. 8.1: Persönlichkeitsmerkmale und Vorkenntnisse der Probanden

Die Gruppe der Probanden ist damit von den soziometrischen Voraussetzungen her als relativ einheitlich zu sehen. Die unterschiedlichen Ausbildungswege dürften keinen allzu grossen Einfluss auf die Antworttendenzen in der Evaluation haben, da die Gleichwertigkeit der Laufbahnen über Kurzzeit- bzw. Langzeitgymnasium einem Bildungsgrundsatz entspricht. Es handelt sich aber nicht um eine für die Allgemeinheit repräsentative Gruppe. Gut möglich, dass eine 40-köpfige Gruppe von Senioren andere Ergebnisse liefern würde.

In der gewählten Gruppe benutzen aber bis auf eine Person alle mehrmals wöchentlich den Computer und deutlich über die Hälfte gibt an, mindestens gute generelle Computerkenntnisse zu haben. Aus den Daten kann geschlossen werden, dass vermutlich ein wesentlicher Teil dieser Nutzung zugunsten von Computerspielen ausfällt. Dies wird aber für die Qualität der Probandenaussagen nicht als negativ gewertet, da es sich bei solchen Spielen oft um Anwendungen mit hohem Interaktivitätsgrad handelt und die Probanden dadurch eine reichhaltige Erfahrung mit interaktiver Computerbedienung haben dürften. Auch wenn die Interaktionsarten bei den Spielen anderer Art sein dürften, als es bei interaktiven Karten der Fall ist, so kann davon ausgegangen werden, dass bei der Mehrheit der Testpersonen ein gutes Verständnis des «Interaktionsprinzips» vorhanden ist.

Die grosse Mehrheit kannte bereits vorher verschiedenste Arten von interaktiven Karten und fast 60% benutzten diese zumindest manchmal oder sogar oft. Dass sich fast die Hälfte der Testpersonen gute oder gar sehr gute Kenntnisse im Umgang mit interaktiven Karten zuschreiben, wird deshalb als realistische Selbsteinschätzung angeschaut.

Zwar können die Aussagen dieser Probanden nicht für alle Nutzergruppen verallgemeinert werden. Aufgrund der Vorkenntnisse der Probanden wird aber davon ausgegangen, dass sich die Testpersonen schnell gedanklich in die vorgeführten Situationen versetzen können und aufgrund ihrer Vorstellungen über «Interaktion» auch adäquate Antworten liefern können. Die Resultate dürften für vergleichbare Nutzergruppen durchaus Aussagekraft haben.

8.2 Resultate und Diskussion der Evaluationen

Die Reihenfolge der hier präsentierten Daten entspricht *nicht* der chronologischen Abfolge der beiden Fragebogen der Evaluationen (Kapitel 6.5). Für die Diskussion hier wurden thematische Gruppen gebildet, die sich jeweils mit einer bestimmten Problematik befassen. Dabei werden Situationen aus dem ersten und dem zweiten skizzenartigen Prototyp zusammengezogen, sofern sie zur gleichen Gruppe gerechnet werden können. Die Situationen aus dem ersten Prototyp sind mit C-Nummern durchnummeriert (C1 bis C9), die Situationen des zweiten Prototyps mit D-Nummern (D1 bis D12).

Die Abfolge der einzelnen Situationen für die Präsentation der Prototypen richtete sich nach anderen Kriterien. Dort musste darauf Rücksicht genommen werden, dass einzelne Begriffe zuerst mit Beispielen eingeführt werden mussten. So kann zum Beispiel die Frage nach dem Zugang zu einem «Legendencenter» erst gestellt werden, wenn sich die Probanden vorstellen können, welche Funktionen darunter zu verstehen sind. Bei der Diskussion der Resultate in diesem Kapitel aber wird zuerst der Zugang zum Legendencenter

center diskutiert und danach die darin enthaltenen Funktionen, da dies hier einer logischen Abfolge entspricht.

Die folgenden Beschreibungen der verschiedenen Varianten sind zum Teil relativ schwierig nachzuvollziehen, wenn nicht gleichzeitig der skizzenartige Prototyp betrachtet werden kann. Es empfiehlt sich deshalb, die auf der beiliegenden Daten-CD enthaltene Präsentation (PowerPoint-Datei) gleichzeitig anzuschauen.

8.2.1 Zugang zur Legende (C1)

Am Anfang des ersten skizzenartigen Prototyps wurde die Situation geschildert, wie der Nutzer zur Legende gelangt. Dabei sind zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten denkbar: Bei der ersten Variante kann die Legende eingeblendet und auf Wunsch wieder ausgeschaltet werden. Dies bietet den Vorteil, dass mehr Bildschirmfläche für das Darstellen der Karte zur Verfügung steht. Dafür aber ist die Zeichenerklärung nicht immer sichtbar und der Nutzer muss sie erst dazuschalten, wenn er etwas erklärt haben will. Bei der zweiten Variante ist die Legende permanent sichtbar, die Möglichkeit des Ausblendens ist nicht gegeben, jedoch steht die Zeichenerklärung jederzeit ohne weitere Klicks zur Verfügung.

Die Probanden bewerteten mit 1.58 Punkten die erste Variante mit der Möglichkeit des Ein- und Ausblendens als sehr sinnvolle Variante (Abb. 8.1). Der Modalwert von 2 (25-mal wurde diese Variante mit «sehr sinnvoll» eingestuft) bestärkt diese Bewertung. Eine Legende, die sich nicht ausblenden lässt, wurde mit -1.15 Punkten als wenig sinnvoll angeschaut und schneidet damit signifikant schlechter ab¹⁶.

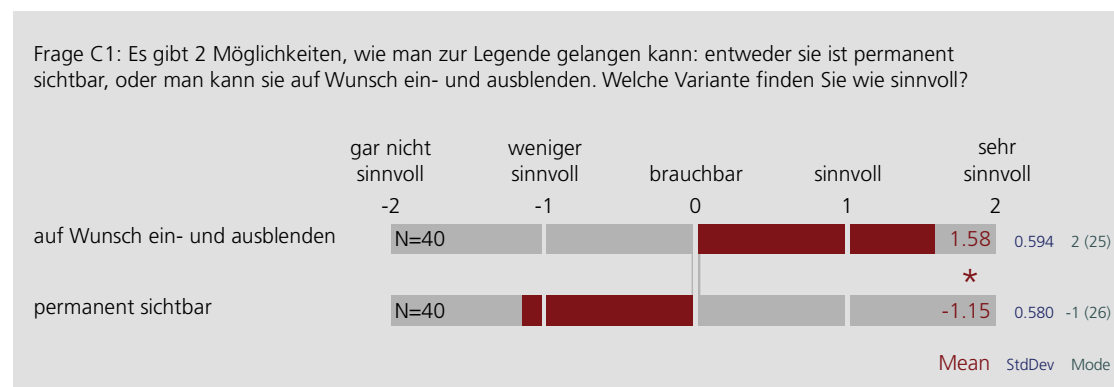


Abb. 8.1: C1: Bewertung: Zugang zur Legende

Die Forderung der Testpersonen scheint in diesem Fall klar zu sein, die Legende muss ausgeblendet werden können. Es wird hier aber darauf hingewiesen, dass im Prototyp die Variante zum Ausblenden der Legende so umgesetzt wurde, dass das Wegblenden

¹⁶ Signifikanz gemäss Wilcoxon Rangsummentest wie in Kapitel 7.3.3 beschrieben.

zugunsten von mehr Kartenfläche erfolgte. Es ist möglich, dass der Unterschied in der Bewertung weniger deutlich ausgefallen wäre, wenn sich die Legende zwar ausblenden liesse, aber die Kartenfläche in der Grösse unverändert bliebe.

In diesem Sinne könnte die Aussage darauf eingeschränkt werden, dass sich die Legende ausblenden lassen muss, sofern dies zugunsten von mehr Kartenfläche erfolgt.

Mit dieser Situation wird indirekt auch das Grössenverhältnis von Legendenfenster zu Kartenanzeige angesprochen. Ein Punkt, der in einigen anderen Situationen auch wieder zur Sprache kommt und an den entsprechenden Stellen nochmals aufgegriffen und weiter diskutiert wird.

Die beiden vorgeschlagenen Varianten schliessen sich gegenseitig aus. Da davon ausgegangen werden konnte, dass sich deshalb die Bewertungen deutlich unterscheiden werden, wurde beim Erstellen des Fragebogens für diese Situation auf die Entscheidungsfrage nach der favorisierten Lösung verzichtet.

8.2.2 Aufrufen der Legende (C3)

Mit der Forderung nach einer Legende, die nach Wunsch ein- und ausgeblendet werden kann, stellt sich auch die Frage, auf welche Weise das Aufrufen erfolgen soll. Im Prototyp wurden vier verschiedene Varianten illustriert: mit einem «Reiter», über ein «Menu», mit einem «Button» oder über ein «Pull down Menu». Bei einem Klick auf den Reiter («Legende») oder den Button (mit einem Symbol für die Legende sowie Tooltip¹⁷ «Legende einblenden») wird das Legendenfenster direkt eingeblendet. Das Gleiche geschieht, wenn in der Menuauswahl das Menu «Legende» selektiert wird. Bei der vierten Variante (Pull down) wird die Möglichkeit einer hierarchisch gegliederten Legende, wie sie Lobben & Patton [2003] verstehen und wie sie in Kapitel 3.4 beschrieben wurde, illustriert. Beim Klick auf das Label «Legende» wird in diesem Fall eine Liste mit den übergeordneten Gruppen (z.B. Strassen) angezeigt, bei deren Überfahren die Unterkategorien (z.B. Autobahn, Hauptstrasse) im Sinne einer Zeichenerklärung gezeigt werden.

Die Probanden beurteilten den Aufruf über einen Reiter mit durchschnittlich 1.38 Punkten weitaus am besten (Abb. 8.2). Diese Variante hebt sich gegenüber allen drei anderen signifikant¹⁸ ab. Die Varianten Menu (-0.08), Button (0.18) und Pull down (0.03) unterscheiden sich gegenseitig in ihrer Bewertung nur sehr geringfügig. Es lassen sich

¹⁷ *Tooltip*: erklärender Text, der beim Überfahren eines Objektes mit der Maus neben dem Mauszeiger erscheint.

¹⁸ Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest

zwischen den dreien denn auch keine signifikanten Unterschiede feststellen, diese Abweichungen können also auch durch den Zufall bedingt sein.

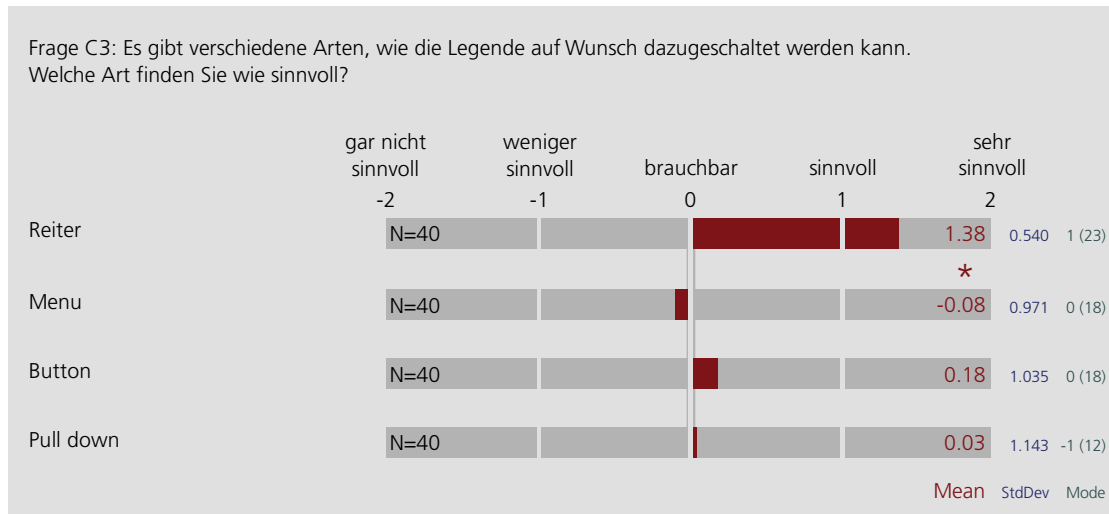


Abb. 8.2: C3: Bewertung: Aufrufen der Legende

Einen weiteren Hinweis könnte da der Modalwert geben, der für die Variante Pull down mit -1 (12-mal) am tiefsten liegt. Die Bewertung dieser Variante ist jedoch sehr uneinheitlich und wurde auch mit 11-mal «sinnvoll» (1) sowie 10-mal «brauchbar» (0) bewertet. Selbst die Entscheidungsfrage nach dem Favoriten gibt darüber keinen Aufschluss. Dort schnitt die Variante Pull down mit 5 Nennungen knapp besser ab als die anderen zwei mit je 4 Nennungen (vgl. Abb. A.1 im Anhang). Aber auch bei der Favoritenfrage steht die Variante Reiter mit 27 Nennungen klar an der Spitze.

Nach eindeutiger Meinung der Testpersonen soll also die Legende über einen Reiter aufgerufen werden.

8.2.3 Anordnung der Legende (C2, D1)

Im Kapitel 3.3.1 wurde anhand eines Beispiels gezeigt, dass es für den Nutzer mühsam werden kann, wenn die Legende (resp. im Beispiel das «Informationsfenster») beim Erscheinen immer den gleichen, vorgegebenen Teil der Karte verdeckt. Dort konnte Abhilfe geschaffen werden, indem das Fenster – allerdings mit Informationsverlust – verschoben werden konnte.

Das Platzieren der Legende an einen Ort nach Wunsch des Nutzers kann also praktisch sein. Deshalb wurden im Prototyp Varianten skizziert, die auf diese Situation eingehen. Bei allen drei Varianten kann die Legende über einen Reiter ein- und ausgeblendet werden. Im ersten Fall kann das Fenster nach dem Einblenden aber nicht verschoben werden. Bei der zweiten Variante ist es danach möglich, das Legendenfenster auf der ganzen Kartenfläche frei zu verschieben. Ebenfalls frei verschiebbar ist es in der dritten

Variante; dort kann es aber zusätzlich beim Reiter, von dem es «abgerissen» werden konnte, bei Bedarf wieder «angedockt» werden.

Eine Legende, die nicht verschiebbar ist, wurde von den Testpersonen als wenig sinnvoll angeschaut und mit durchschnittlich -1.05 Punkten bewertet, die Variante der verschiebbaren Legende hingegen sehr gut mit 1.20 Punkten (Abb. 8.3). Die andockbare Legende wird weniger gut beurteilt (0.38), liegt damit aber immer noch weit über der ersten Variante. Alle drei Resultate unterscheiden sich signifikant voneinander.¹⁹ Beide Varianten der verschiebbaren Legende haben einen Modalwert von 1, die Bewertungen der andockbaren Legende streuen aber sehr viel stärker.

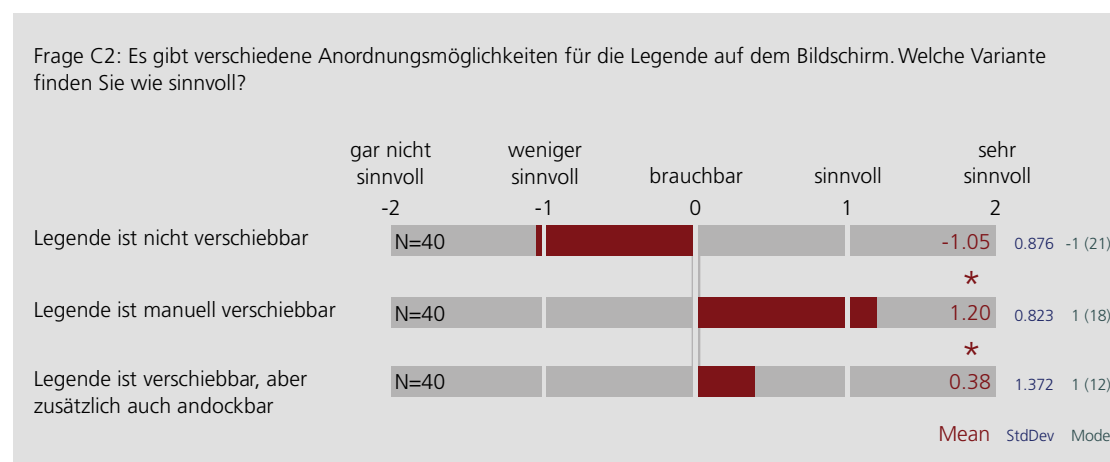


Abb. 8.3: C2: Bewertung: Anordnung der Legende

Auch bei der Frage nach dem Favoriten schnitt die zweite Variante am besten ab (21 Nennungen), gefolgt von der andockbaren Legende (17) (Abb. A.2 im Anhang). Die nicht verschiebbare Legende wurde nur von einer Person als Favorit gewählt.

Aufgrund der Testergebnisse ist klar, dass die Legende verschiebbar sein soll, die fixierte Legende schneidet sehr schlecht ab. Auf die Möglichkeit des Andockens kann verzichtet werden, auch wenn diese Variante nicht als negativ bewertet wurde.

Das Resultat dieser Situationsschilderung ist klar. Es wirft aber eine neue Frage auf, nämlich wo das Fenster erscheint, wenn es nach dem Schliessen zum zweiten Mal geöffnet wird. Diese Situation wurde im zweiten skizzenartigen Prototyp geschildert, um zu dieser Frage ein Feedback zu erhalten.

Variante 1 zeigt die Möglichkeit, bei der das Fenster immer am gleichen, vorgegebenen Ort erscheint, unabhängig davon, wohin es vom Nutzer verschoben und geschlossen wurde. Im Gegensatz dazu wird die Position der Legende in Variante 2 gespeichert und

¹⁹ Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest

so erscheint sie beim Öffnen an derjenigen Position, wo sie beim letzten Gebrauch geschlossen wurde.

Die Beurteilung der zwei verschiedenen Möglichkeiten durch die Probanden liefert kein eindeutiges Ergebnis. Die Variante 1 mit dem vorgegebenen, immer gleichen Erscheinungsort wurde zwar etwas weniger gut bewertet (0.44) als Variante 2 (0.78), bei der die Nutzereinstellungen vom letzten Gebrauch berücksichtigt werden (Abb. 8.4). Der Unterschied ist jedoch nicht signifikant²⁰.

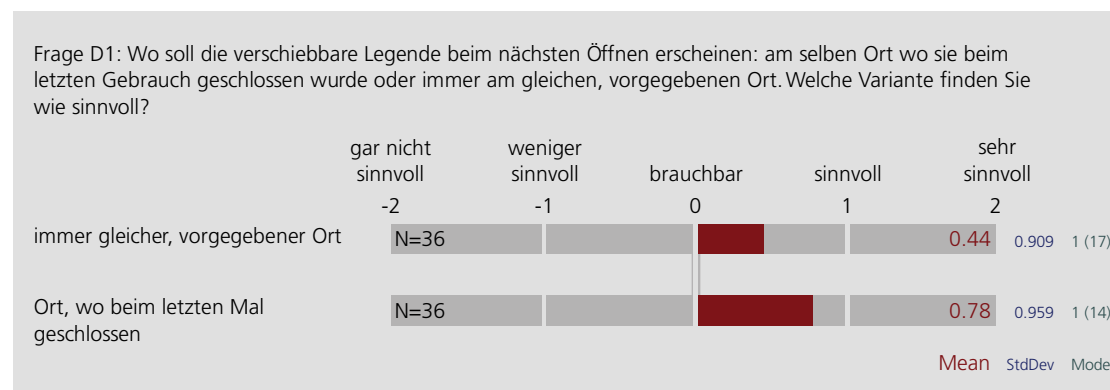


Abb. 8.4: D1: Bewertung: Anordnung der Legende beim zweiten Öffnen

Der Modalwert ist bei beiden Varianten der gleiche (1) und sogar die Favoritenfrage hat keine Tendenz aufzeigen können: Beide Möglichkeiten wurden 18-mal als Favorit genannt (Abb. A.3 im Anhang). Wenn aber die Bewertungen «sinnvoll» und «sehr sinnvoll» zusammengenommen werden, so wird die erste Variante 20-mal, die zweite Variante 23-mal als mindestens «sinnvoll» beurteilt. Dies kann verbunden mit dem leicht höheren Mittelwert als eine schwache Tendenz zugunsten der zweiten Variante angeschaut werden. Sie lässt sich jedoch – wie oben gesagt – statistisch nicht erhärten, wird aber für die Programmierung des funktionsfähigen Prototyps in Betracht gezogen und dort wie in Variante 2 umgesetzt (siehe Kapitel 9.4.3).

8.2.4 Grösse der Legende (C4, D2, D3, D4)

Kramers [2005] hält in seinem Bericht über die Umstellung auf eine nutzerzentrierte Entwicklung des neuen «Atlas of Canada» fest, dass seine Probanden 1999 der Meinung waren, dass die Legende mehr Platz einnahm, als sie tatsächlich gebraucht hätte. Dadurch wurde ein mühsames Scrollen notwendig, was die Testpersonen bei der Nutzung verärgerte. Das Entwicklungsteam reduzierte darauf die Grösse der Legende und änderte auch deren Platzierung. Es scheint also sinnvoll, bei der Gestaltung der Legende das Augenmerk auch auf die Grösse zu legen.

²⁰ Gemäss Wilcoxon Rangsummentest

8.2.4.1 Anpassung der Grösse der Legende (C4)

Jede Karte verlangt eine unterschiedlich ausführliche Legende: Die Legende einer geologischen Karte zählt oft sehr viele Kategorien, während andere Themen mit wenigen Kategorien auskommen. Entsprechend ist die Legende unterschiedlich gross. Die Frage ist nun, wie sie auf den wechselnden Inhalt reagiert.

Es ist denkbar, dass ein gewisser Bereich der Darstellungsfläche des Bildschirms für die Legende reserviert ist, die Grösse somit fix vorgegeben ist. Wenn das Kartenthema wenige Kategorien umfasst, entstehen auf diese Weise Leerflächen; wenn sie sehr ausführlich ist, kann ein Scrollbar den Platz erweitern. Diese Version ist relativ oft anzutreffen und wurde auch beim beschriebenen Beispiel aus dem online Nationalatlas der USA (Kapitel 3.3.1) so umgesetzt. Sie wurde im Prototyp als erste Variante skizziert.

Bei der zweiten Variante passt sich die Grösse automatisch der Anzahl Elemente der Legende an. Dadurch ist das Legendenfenster immer ausgefüllt und so klein als möglich. Die Frage, ob die Grösse der Legende bis zur vollen Bildschirmausfüllung beanspruchen darf, oder ob eine bestimmte Grösse als Limite gesetzt wird – bei der dann wiederum ein Scrollbar zum Einsatz kommen könnte – wurde im ersten Prototyp (Frage C4) *nicht* berücksichtigt. Es wird aber im weiteren Verlauf dieses Kapitels 8.2.4 noch näher darauf eingegangen.

In der dritten Variante wird die Grösse des Legendenfensters manuell verändert. Um leere Stellen oder zu engen Platz zu vermeiden, muss die Grösse jeweils vom Nutzer angepasst werden.

Die erste Variante mit der fixen Legendengrösse wurde von den Testpersonen als wenig sinnvoll beurteilt und mit durchschnittlich -1.03 Punkten bewertet (Abb. 8.5). Sie schneidet damit signifikant schlechter ab als die anderen zwei²¹. Zwischen den Versionen mit automatischer (0.88) und manueller (0.83) Anpassung sind hingegen keine signifikanten Unterschiede vorhanden.

²¹ Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest

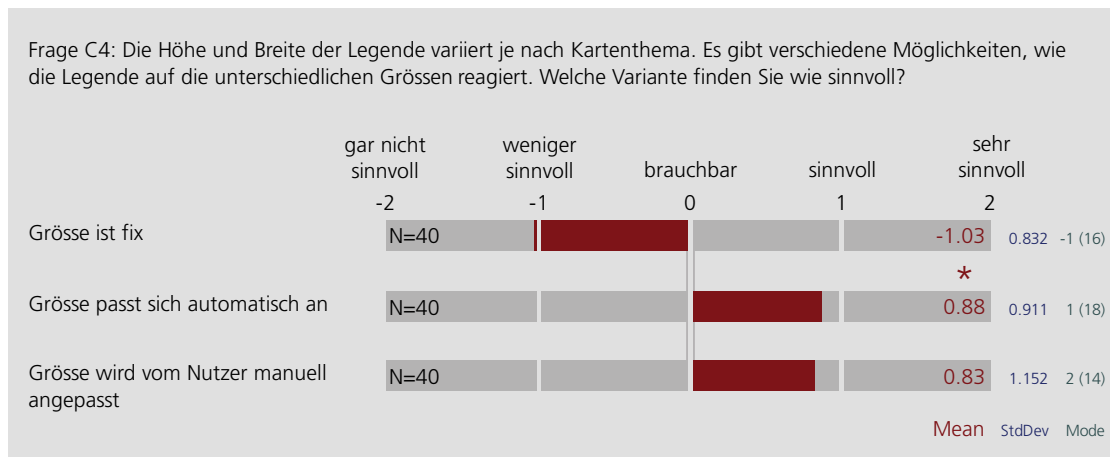


Abb. 8.5: C4: Bewertung: Grösse der Legende

Der Modalwert spricht eher für die manuelle Anpassung (2). Diese Tendenz wird durch die Entscheidungsfrage bestätigt, in welcher die dritte (manuelle) Variante 25-mal als Favorit genannt wurde, die automatische aber 15-mal. Die fixe Grösse wurde von niemandem favorisiert (vgl. Abb. A.4 im Anhang).

Es scheint also der Wunsch nach einer optimalen Platzausnützung zu bestehen sowie nach einer Legende, die sich an verschiedene Situationen anpassen kann und in diesem Sinne smarter reagiert.

8.2.4.2 Grösse beim zweiten Öffnen (D2)

Gleich wie bei der zuvor behandelten Situation der Anordnung der Legende (Kapitel 8.2.3) stellt sich auch hier die Frage, was passiert, wenn die Legende geschlossen und später wieder aufgerufen wird:

Variante 1 skizziert den Ablauf so, dass das Legendenfenster jedes Mal beim Öffnen so erscheint, dass der gesamte Inhalt sichtbar ist. Bei der zweiten Variante hingegen werden die erfolgten Nutzeranpassungen beim Schliessen gespeichert und die Legende öffnet sich in der gleichen Grösse wie zuvor eingestellt.

Diese zweite Variante widerspricht einer automatischen Grössenanpassung (Frage C4b) nicht grundsätzlich und könnte mit dieser kombiniert werden. In diesem Falle würde die automatische Anpassung so lang erfolgen, bis der Nutzer eigene Anpassungen vorgenommen hat.

Der Unterschied in der Bewertung der beiden ist etwas deutlicher ausgefallen als bei der Frage der Platzierung nach dem zweiten Öffnen. Mit 0.81 Punkten wird die zweite

Variante recht gut bewertet. Aber auch die erste Variante schneidet mit 0.11 Punkten leicht im positiven Bereich ab (Abb. 8.6), der Unterschied ist jedoch signifikant.²²

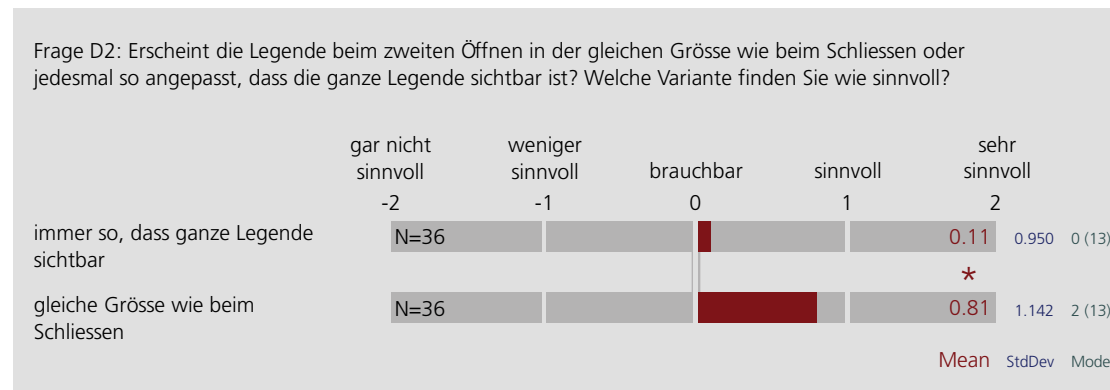


Abb. 8.6: D2: Bewertung: Grösse der Legende beim zweiten Öffnen

Das bessere Abschneiden der zweiten Möglichkeit wird durch ihren Modalwert (2), aber auch mit der Favoritenfrage bestätigt: 14 entschieden sich für die erste, 22 für die zweite Variante (vgl. Abb. A.5 im Anhang).

Aufgrund der Umfrage ist es also sinnvoll, wenn die Legende beim Wiedererscheinen die gleiche Grösse hat und damit die früheren Einstellungen des Nutzers berücksichtigt. Man kann die geschilderte Situation gedanklich auch noch weiterentwickeln und sich überlegen, ob die Legende in *jedem* Fall immer gleich reagiert. Sollte zum Beispiel die Grössenanpassung so lange gespeichert werden, wie der Nutzer mit der *gleichen* Karte arbeitet, wenn er aber ein neues Thema wählt oder dazuschaltet, ein automatisches Anzeigen der ganzen Legende in voller Grösse erfolgen? Oder werden die Einstellungen des Nutzers immer beibehalten? Diese Situation wurde jedoch in den Prototypen nicht skizziert und es können deshalb keine Testergebnisse geliefert werden.

Als Lösung wäre auch eine Kombination denkbar, bei der die Einstellungen des Nutzers grundsätzlich beibehalten werden, aber z.B. ein Button zur Verfügung steht, bei dessen Betätigung ein automatisches Anpassen der Grösse auf ein Optimum erfolgt, so dass der ganze Inhalt bei minimalem Platzverbrauch sichtbar ist.

8.2.4.3 Maximale Grösse (D3)

Unabhängig von der hier gewählten Umsetzung ergibt sich eine weitere auf die Grösse bezogene Frage, sowohl bei einer automatischen wie auch einer manuellen Grössenanpassung, nämlich die Frage nach der maximalen Grösse. Eine Legende, bei der zwar alle Kategorien sichtbar sind, die aber dafür das gesamte Kartenbild verdeckt, wird kaum von Nutzen sein!

²² Gemäss Wilcoxon Rangsummentest

Um dieser Frage nachzugehen, wurden im zweiten Prototyp Illustrationen skizziert. Dabei dient eine geologische Karte als Thema, die die ganze Bildschirmfläche in Anspruch nimmt. Dieser wird eine leicht abgedimmte Legende als «Platzhalter» überlagert. Die Legende wird nacheinander in vier verschiedenen Grössen präsentiert.

In der ersten Variante (D3a) nimmt sie dabei 15, 30, 50 und 70% der zur Verfügung stehenden Kartenfläche ein. Die Probanden wurden gebeten, diejenige Grösse zu markieren, bei der sie das Maximum erreicht sehen (Abb. 8.7). 26 wählten die zweite Grösse (30%), 5 sahen bereits bei der kleinsten Grösse (15%) das Maximum erreicht. Nur 3 respektive 2 wählten die dritte (50%) respektive vierte (70%) Grösse.

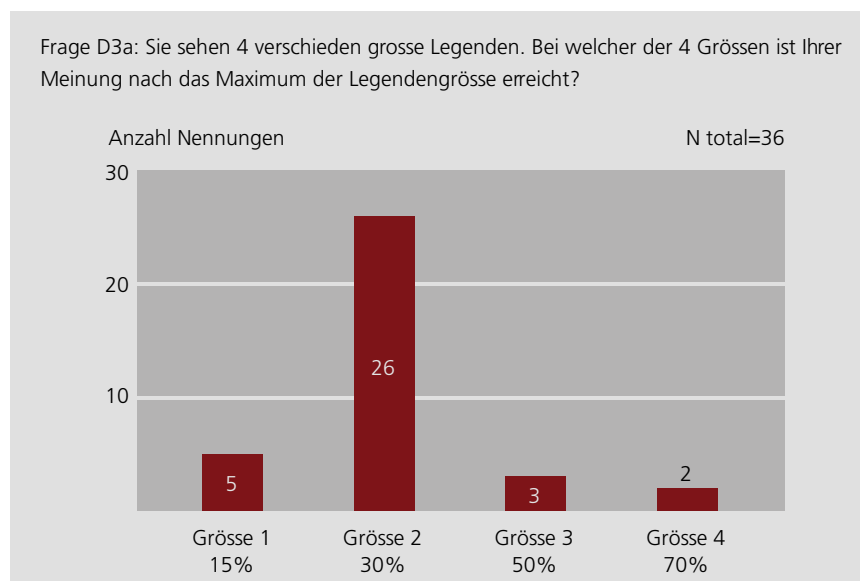


Abb. 8.7: D3a: Maximale Grösse der Legende

Bei der zweiten Variante (D3b) wurden die gleiche Karte und die identischen Platzhalterlegenden in den gleichen vier Grössen verwendet. Zusätzlich dazu ist aber im Hintergrund ein weiteres Platzhalterfenster geöffnet, das in jedem der vier Fälle 15% der gesamten Kartenfläche abdeckt. Damit sind total 30, 45, 65 und 85% der Kartenfläche durch die beiden Fenster verdeckt.

21 Testpersonen sahen hier bereits bei der geringsten Verdeckung (30%) das Maximum erreicht, 11 weitere bei der zweiten Grösse (45%). Nur je 2-mal wurde Grösse 3 und 4 als Maximum genannt (Abb. 8.8).

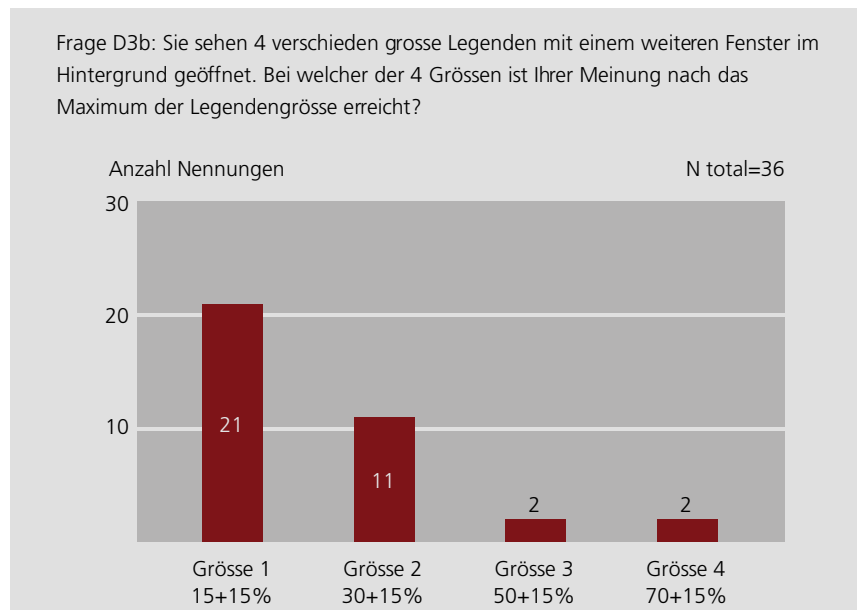


Abb. 8.8: D3b: Maximale Grösse der Legende bei zusätzlich geöffnetem Fenster im Hintergrund

Bei beiden Varianten ist von der Mehrheit eine maximale Verdeckung der Karte von 30% genannt worden, unabhängig davon, ob diese durch ein oder zwei Fenster erreicht wurde. 5 Probanden sahen das Maximum schon bei 15%.

Die Abstufung der unterschiedlichen Grössen ist relativ grob; ob die als maximal empfundene Grösse eher zwischen 15 und 30 oder zwischen 30 und 45% liegt, kann nicht eindeutig gesagt werden. Als Fazit daraus wird aber abgeleitet, dass die Legende so klein als möglich gehalten werden soll. Denn offensichtlich stören sich die Nutzer daran, wenn nicht mehr das eigentliche Kartenbild im Zentrum steht. Aufgrund dieser Ergebnisse kann gesagt werden, dass die Legende zusammen mit anderen Tools, die die Karte verdecken, nicht mehr als einen Drittel der Bildschirmfläche ausmachen sollten.

8.2.4.4 Legendenhintergrund bei unterschiedlichen Grössen (D4)

Das Anzeigen der Legende am Bildschirm geht auf Kosten der Darstellungsfläche, die ansonsten der Karte zur Verfügung stehen würde; je grösser die Legende ist, desto weniger Kartenfläche. Das wird auch der Grund gewesen sein, weshalb die Varianten, bei denen 50% der Karte und mehr verdeckt werden, nur von sehr wenigen bevorzugt wurden. Es wäre aber möglich, dass eine Legende mit einem leicht durchlässigen Hintergrund als weniger dominant und störend empfunden wird, weil so Strukturen der Karte dennoch erkannt werden können. Doch bei einer transparenten Umsetzungsart kann die Lesbarkeit der Legendenschriften oder der -kästchen erschwert werden, was den Nutzer auch wieder irritieren kann.

Deshalb wurde im skizzenartigen Prototyp eine weitere Situation integriert, bei der die Möglichkeit des leicht durchlässigen Hintergrundes illustriert wird. Um zu sehen, ob die Grösse der Legende einen Einfluss darauf hat, wie sinnvoll ein transparenter Hintergrund beurteilt wird, wurde die Situation einmal mit einer kleinen und einmal mit einer grossen Legende geschildert. Die kleine entspricht in ihrer Grösse 15% der Kartenfläche, die grosse 70%. In beiden Fällen wurde die Karte inklusive Legende zuerst mit undurchsichtigem, danach mit transparentem Hintergrund präsentiert, und jede der Varianten wurde durch die Testpersonen bewertet.

Bei der Situation mit der kleinen Legende wurden beide Varianten zwischen «brauchbar» und «sinnvoll» beurteilt, die undurchsichtige mit durchschnittlich 0.42 Punkten leicht schlechter als die transparente Variante mit 0.83 Punkten (Abb. 8.9). Der Unterschied ist jedoch nicht signifikant²³.

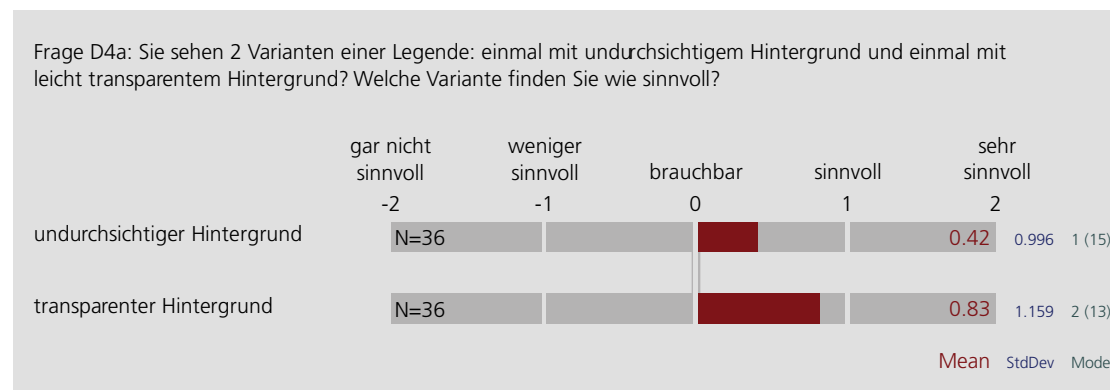


Abb. 8.9: D4a: Bewertung: Hintergrund bei kleiner Legende

Der höhere Modalwert (2) spricht eher für die zweite Variante (transparent), die Verteilung dieser Bewertungen streut aber sehr stark. Bei der Entscheidungsfrage wurde jedoch auch die zweite Variante von 25 Testpersonen bevorzugt, die erste war für 11 Probanden der Favorit (vgl. Abb. A.6 im Anhang).

Die zweite Situation mit der grossen Legende zeigte ein deutlicheres Bild auf. Der undurchsichtige Hintergrund wurde mit durchschnittlich -0.39 Punkten negativ bewertet, der leicht transparente hat hingegen mit 1.03 Punkten recht gut abgeschnitten (Abb. 8.10). In diesem Fall ist der Unterschied signifikant²⁴.

²³ Gemäss Wilcoxon Rangsummentest

²⁴ Gemäss Wilcoxon Rangsummentest

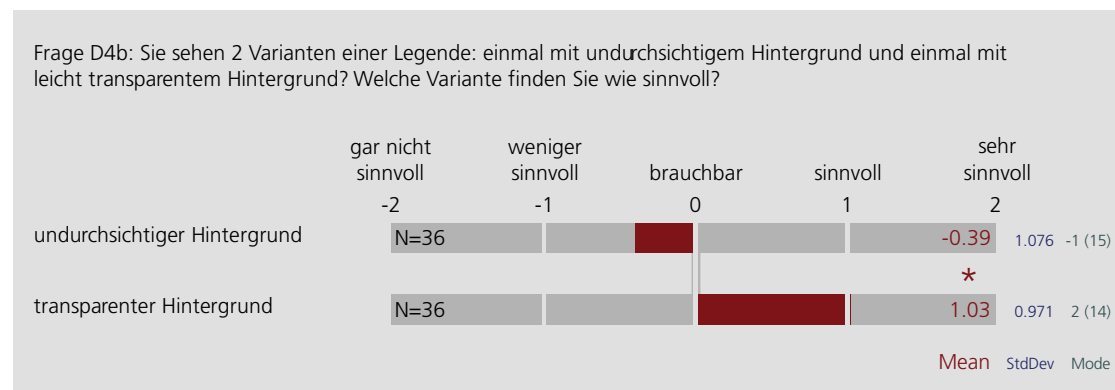


Abb. 8.10: D4b: Bewertung: Hintergrund bei grosser Legende

Auch hier liegt der Modalwert der zweiten Variante – mit deutlich weniger grosser Streuung – bei 2. Die Favoritenfrage zeigt ebenfalls ein sehr deutliches Bild, so wurde die erste Variante nur von 6, die zweite von 30 Probanden zum Favoriten gewählt (vgl. Abb. A.7 im Anhang).

Gemäss der Umfrage scheint es also so, dass je kleiner die Legende, desto eher auf den transparenten Hintergrund verzichtet werden kann. Lässt sich aber eine grosse Legende nicht vermeiden, kann im Sinne des Nutzers die Dominanz mit einem leicht durchlässigen Hintergrund gebrochen werden.

Wo genau diese Grenze zwischen kleinen und grossen Legenden (bei denen sich ein transparenter Hintergrund eher aufdrängt) gezogen werden muss, kann aufgrund der durchgeführten Umfrage nicht gesagt werden. Es erscheint aber sinnvoll, spätestens ab einer Grösse von 30% der Bildschirmfläche – was von einer Mehrheit als maximale Grösse empfunden wurde – einen leicht transparenten Hintergrund zu verwenden.

8.2.5 Inhalt der Legende (C5, D9, D10)

Bei der Schilderung von Problemen bei digitalen Legenden (Kapitel 3.3.1) wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Überlegung berechtigt ist, ob tatsächlich alle Kategorien in der Legende aufgeführt werden sollen.

Die Probanden von Kramers [2005] hatten festgehalten, dass die 1999 im «Atlas of Canada» verwendete Legende viel zu ausführlich war, dadurch unnötig lang wurde und dies oft ein vertikales Scrollen notwendig machte, was wiederum die Benutzung sehr erschwerte.

8.2.5.1 Erste Befragung: Inhalt der Legende (C5)

Aufgrund obiger Erkenntnisse wurde im ersten Prototyp eine Situation geschildert, die der Frage nachgeht, welchen Inhalt die Legende haben soll. Die erste Variante illustriert

dabei die Methode, die soeben erwähnt wurde, in Kapitel 3.3.1 ausführlich beschrieben ist und in fast allen digitalen Karten verwendet wird: alle Kategorien der Karte werden erklärt, unabhängig davon, ob sie im aktuell gewählten Kartenausschnitt vorkommen oder nicht.

In der zweiten Illustration werden ausschliesslich diejenigen Kategorien erklärt, die im gewählten Ausschnitt auch tatsächlich vorkommen. Bei der dritten Variante wird – wie schon in der Frage C3 nach dem Aufrufen der Legende – die Idee von Lobben & Patton [2003] angewendet, bei der die Legende hierarchisch gegliedert wird und dadurch zu Beginn weniger Einträge enthält.

Die vierte Möglichkeit basiert auf der Idee, dass die Legende zu Beginn ein leerer Behälter ist, der im Verlauf des Kartengebrauchs nur das erklärt, was vom Nutzer gewünscht wird. Er selektiert dabei die gewünschten Inhalte in der Karte, die daraufhin in der Legende erklärt werden. Diese Idee wurde auch schon in Sieber et al. [2005] präsentiert, damals aber noch ohne ein Feedback von potentiellen Nutzern.

Am schlechtesten schnitt die – in der Praxis am meisten verwendete (!) – erste Variante mit -0.73 Punkten ab, bei der immer alles erklärt wird (Abb. 8.11). Sie unterscheidet sich aber nicht signifikant von der als ebenfalls eher wenig sinnvoll bewerteten dritten Variante (-0.23) mit der hierarchischen Gliederung. Ein bisschen besser (0.28) wurde die vierte Variante beurteilt, allerdings ohne signifikanten Unterschied zur dritten, wohl aber zur ersten Variante. Signifikant besser schnitt die zweite Variante ab und wurde mit 1.28 Punkten mit Abstand als die sinnvollste beurteilt.²⁵



Abb. 8.11: C5: Bewertung: Inhalt der Legende

²⁵ Alle im Zusammenhang mit den Situationen C5, D9 und D10 erwähnten Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest.

Diese Bewertungsverteilung wird gestützt durch die Modalwerte wie auch durch die Entscheidungsfrage, in der die zweite präsentierte Möglichkeit 27-mal als Favorit genannt wurde (vgl. Abb. A.8 im Anhang). Kleine Abweichungen gab es hier aber bei der dritten und vierten Variante: Die im Durchschnitt etwas schlechter beurteilte dritte wurde 7-mal, die vierte 4-mal als Favorit angegeben. Da der Unterschied in der Bewertung aber nicht signifikant ist, wird dieser Abweichung keine weitere Beachtung geschenkt. Auch bei dieser Frage schnitt die erste Variante am schlechtesten ab (2 Nennungen als Favorit).

Zu denken geben sollte, dass die in der Praxis am meisten angewandte Umsetzung am schlechtesten abschnitt. Die Fülle an erklärten Kategorien scheint eher verwirrend denn klärend zu wirken, da das Zuweisen der richtigen Erklärung länger geht, insbesondere wenn sich Signaturen oder Farben ähnlich sehen. Aber auch die beiden Arten, bei denen der Nutzer zwar weniger mit Information «überflutet» wird, dafür aber aktiv werden muss, um die Erklärung zu sehen, werden nur mittelmässig bewertet. Offensichtlich wird die Methode bevorzugt, in der das System automatisch die Auswahl reduziert. Dass dabei als Kriterium zum Aufführen dient, ob ein Element in der dazugehörenden Karte im Moment tatsächlich vorkommt, wird gemäss der Umfrage als sinnvoll angeschaut.

Aufgrund der klaren Entscheidung der Probanden zugunsten der zweiten Variante (vgl. auch Favoritenfrage) wurde diese Idee für den zweiten skizzenartigen Prototyp weiterverfolgt. Weil in einer Karte (und damit auch in der Legende) im Allgemeinen die Elemente der Basiskarte (z.B. Gewässernetz, Grenzen, ...) und die des Themas aber von unterschiedlicher Wichtigkeit sind, könnte es sein, dass obige Beurteilung differenzierter ausfiele, würden die beiden Gruppen getrennt voneinander angeschaut.

8.2.5.2 Zweite Befragung: Inhalt der Basiskartenlegende (D9)

Deshalb wurde im zweiten Prototyp eine Situation geschildert, die nur auf die Kategorien der Basiskarte fokussiert, die Erklärung des Themas wurde weggelassen (D9). Die erste Variante zeigt dabei nochmals das vorher favorisierte Verhalten. Die zweite Methode beinhaltet einen weiteren smarten Ansatz: Es werden zwar alle Kategorien in der Legende erklärt, auch wenn sie nicht im Kartenausschnitt vorkommen, aber die nicht vorkommenden werden abgedimmt. So ist zwar nach wie vor die ganze Liste aufgeführt, für das Auge ist aber sofort erkennbar, welche der Elemente im gewählten Kartenausschnitt zu finden sind und welche nicht. Als dritte Variante wurde nochmals die Möglichkeit präsentiert, für die Basiskarte immer alle Kategorien zu erklären.

Bei der zweiten Befragung wurde die inhaltlich gleiche Variante signifikant am besten beurteilt (D9 Variante 1; in der ersten Befragung C5 Variante 2), wohl eher zufällig mit der genau gleichen Punktzahl von 1.28 (Abb. 8.12). Der Modalwert liegt zwar in dieser Bewertung (1) tiefer als beim ersten Mal (2), jedoch sind in beiden Fällen die Bewertun-

gen «sinnvoll» und «sehr sinnvoll» mit Abstand am häufigsten (35- respektive 32-mal). Zudem stand dieses Mal eine andere Variante (2) als beim ersten Mal zur Alternative, was die Bewertung vielleicht beeinflusste.

Ebenfalls wie beim ersten Mal wurde die Variante, bei der immer alle Kategorien erklärt werden, mit -1.11 Punkten signifikant am schlechtesten beurteilt. Die zweite, neu vorgestellte Möglichkeit des Abdimmens der nicht vorkommenden Kategorien wurde mit 0.50 Punkten als brauchbar bis sinnvoll eingestuft. Sie liegt damit in der Mitte und unterscheidet sich nach oben und nach unten signifikant von den anderen.

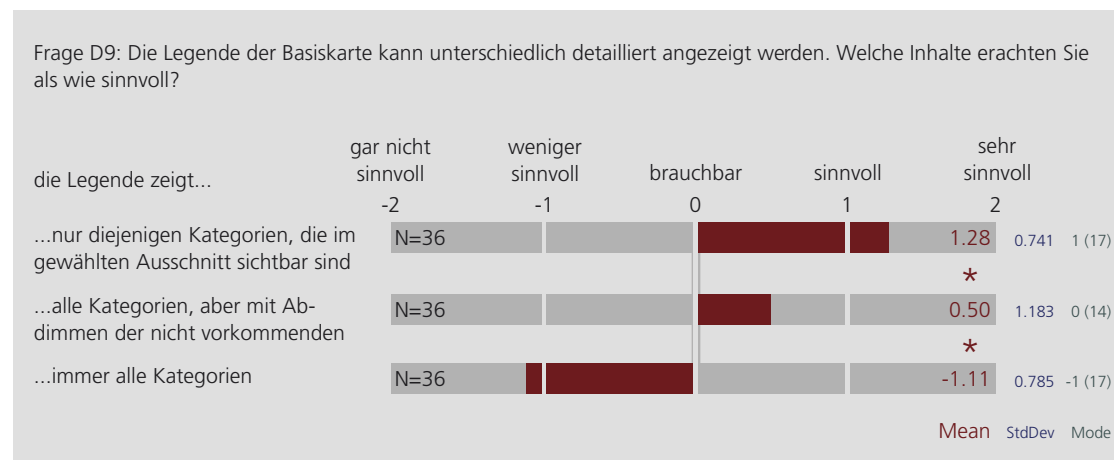


Abb. 8.12: D9: Bewertung: Inhalt der Legende der Basiskarte

Auch hier stützt die Favoritenfrage das Ergebnis dieser Beurteilung: Mit 1, 13 und 22 Nennungen als Favoriten zeigt sich das gleiche Bild (vgl. Abb. A.9 im Anhang). Bezüglich der Basiskarte soll offensichtlich die erklärende Information in der Legende auf ein Minimum reduziert werden.

Bei dieser Umsetzungsvariante wird aber eine Folgefrage aufgeworfen: Wenn der Nutzer nur das in der Legende sieht, was im Moment auf dem Kartenausschnitt auch sichtbar ist, wie kommt er dann zu einer Übersicht, welche Ebenen überhaupt zur Verfügung stehen würden und wie kann er diese ein- und ausblenden? Verschiedene Lösungsvarianten sind denkbar, sie werden aber separat in Kapitel 8.2.7 besprochen.

8.2.5.3 Zweite Befragung: Inhalt der Themenlegende (D10)

Die drei exakt gleichen Verhaltensweisen der Legende wurden in der Situation D10 illustriert, dieses Mal aber nur mit Kategorien des Themas. Dazu wurde im Gegensatz zu den meisten anderen Situationen ein anderes Kartenthema verwendet, um den Effekt der drei verschiedenen Varianten möglichst gut zu präsentieren: eine Karte der Niederschlagsmengen pro Monat, die einen Ausschnitt aus dem Kanton Tessin zu fünf verschiedenen Monaten zeigt. Da die Niederschlagsvariabilität über das Jahr in diesem

Gebiet sehr gross ist, sind in jedem gezeigten Monat unterschiedliche Teile der thematischen Legende von speziellem Interesse.

Die Bewertung fällt anders aus als im vorherigen Fall. Hier wird die Variante mit dem Abdimmen der nicht vorkommenden Kategorien mit 1.03 Punkten signifikant am besten beurteilt (Abb. 8.13). Die Resultate der ersten und dritten Variante unterscheiden sich nicht signifikant, die erste wird aber mit 0.31 (im Gegensatz zu 0.00) etwas höher bewertet.

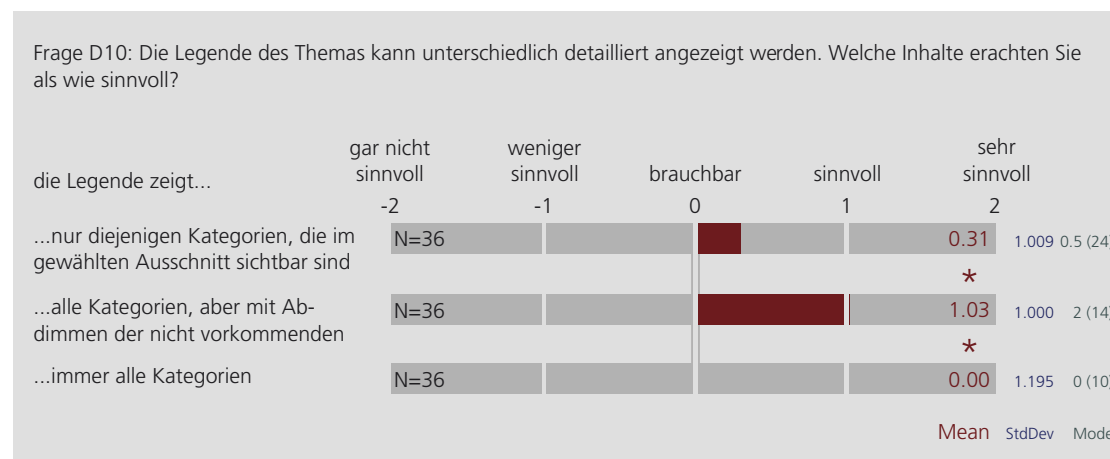


Abb. 8.13: D10: Bewertung: Inhalt der Legende des Themas

In der Entscheidungsfrage wurde ebenfalls die zweite Variante 22-mal als Favorit genannt, die erste und dritte waren mit 8 und 7 Nennungen wiederum nahe beieinander (vgl. Abb. A.10 im Anhang).

Diese unterschiedliche Bewertung der gleichen Szenarien, die sich nur darin unterscheiden, dass es das eine Mal um das Thema und das andere Mal um die Basiskarte geht, wird damit erklärt, dass die Elemente der Basiskarte als weniger wichtig empfunden werden und deshalb die Legende in diesem Bereich auf ein Minimum reduziert werden soll. Beim Thema hingegen ist es für den Nutzer interessant, wenn er durch die Legende erfährt, welche Werte oder Inhalte das Thema der Karte auch noch umfasst, auch wenn sie im Moment nicht im Ausschnitt liegen. Ein Unterdrücken von Information im Bereich des Themas ist nicht erwünscht.

Diese Beurteilung erscheint auch sinnvoll, denn für das Aufnehmen der Information und das Verständnis des Themas ist es einfacher, wenn das ganze Spektrum der Legende erkennbar ist, da dadurch die dargestellten Werte besser eingeordnet werden können. Bei den Elementen der Basiskarte ist dies nicht von gleicher Bedeutung.

Bei den skizzenartigen Prototypen wurde *nicht* auf die Frage eingegangen, ob die Kategorien des Themas und diejenigen der Basiskarte im gleichen Legendenfenster gezeigt werden sollen oder ob die zwei Gruppen nach Ansicht der Testpersonen allenfalls auch getrennt werden könnten. Kramers [2005] schreibt aber, dass seine Probanden es

bevorzugten, in der Legende nur Information bezogen auf das Kartenthema vorzufinden. Allerdings ist aufgrund seines Berichts weder klar, was er alles unter «auf das Kartenthema bezogenen Informationen» versteht, noch was für seine Testpersonen die Alternativangebote dazu waren. Ob also die Basiskartenelemente explizit nicht dazugerechnet wurden, ist nicht klar, und damit können auch seine Ergebnisse nicht zur eindeutigen Klärung herbeigezogen werden.

8.2.6 Funktionen der Legende (C6)

In Kapitel 4.3.4 wurde die Idee eines Legendencenters erläutert, das die ursprüngliche Legende mit zusätzlichen Funktionen erweitern würde. In der hier beschriebenen Situationsschilderung C6 wurde noch nicht auf das Legendencenter eingegangen, aber es wurde danach gefragt, als wie sinnvoll bestimmte Funktionen bereits in einer *einfachen* Legende angesehen werden.

In der ersten Variante dieser Situationsschilderung beurteilten die Testpersonen die ursprüngliche Hauptfunktion der Legende, diejenige der Zeichenerklärung. Mit dieser Frage sollte eruiert werden, ob junge Nutzergruppen die Funktion der Zeichenerklärung nach wie vor als sehr wichtig anschauen oder ob sich in Zeiten der zunehmenden Multimedialisierung und Animierung die Präferenzen und Vorstellungen vielleicht verändert haben.

Die zweite Variante demonstriert das Ein- und Ausblenden von einzelnen Kategorien, die dritte zeigt, wie auch einzelne kleine Tools wie zum Beispiel ein Farbwähler in die Legende integriert werden könnten und welche Möglichkeiten sich daraus ergeben. Bei der vierten Variante wurde zusätzlich eine Animationssteuerung im Legendfenster untergebracht, die eine zeitliche Raumentwicklung ablaufen lassen kann.

Die ersten beiden Möglichkeiten schnitten sehr gut ab, am besten die zweite (Ein- und Ausblenden) mit durchschnittlich 1.73 Punkten, nicht signifikant schlechter die erste mit der Funktion als Zeichenerklärung (1.38 Punkte) (Abb. 8.14). Für gut wurde auch die Idee eines Farbwählers in der Legende befunden (1.03), allerdings mit signifikant weniger Punkten als die zweite Variante. Zur ersten Variante ergab sich *kein* signifikanter Unterschied. Die Möglichkeit der Animationssteuerung in der Legende hat mit 0.00 Punkten neutral abgeschnitten. Sie erhielt signifikant weniger Punkte als alle drei anderen Varianten.²⁶

²⁶ Alle erwähnten Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest

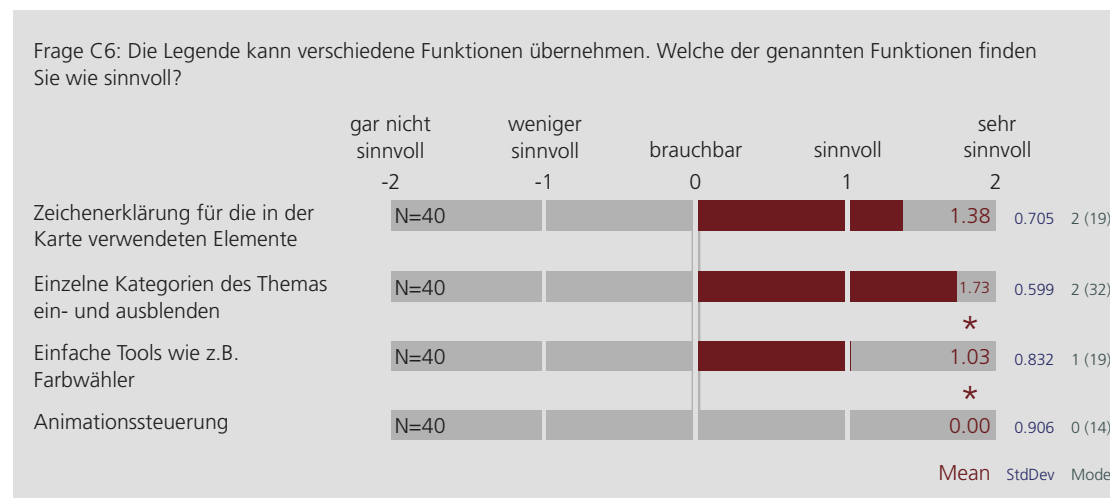


Abb. 8.14: C6: Bewertung: Funktionen der Legende

Die Wichtigkeit der ersten beiden kam auch in der Entscheidungsfrage zum Ausdruck. Dort wurden die Testpersonen aufgefordert, die ihrer Meinung nach zwei wichtigsten Funktionen auszuwählen. 38 Probanden haben dabei das Ein- und Ausblenden als eine davon ausgewählt, 28 zählten die Zeichenerklärung dazu (vgl. Abb. A.11 im Anhang). Der Farbwähler wurde 12-mal, die Animationssteuerung nur 2-mal zu den Favoriten gezählt. Damit dominiert bei der Einschätzung durch die Probanden die Funktion des Ein- und Ausblendens mit Punktemittelwert, Modalwert (32-mal «sehr sinnvoll») wie auch Favoritennennung.

Es wurde schon mehrmals darauf hingewiesen, dass eine Legende wenig Sinn macht, wenn sie die Signaturen der Karte nicht eindeutig erklären kann. Man kann sich deshalb fragen, warum wohl die Funktion der Zeichenerklärung (Variante 1) nicht am besten abgeschnitten hat. Dies wird dahingehend interpretiert, dass sich die Probanden überlegt haben, dass in Variante 2 mit der gewählten Umsetzung des Ein- und Ausblendens gleichzeitig auch die Zeichenerklärung in derselben Qualität wie bei Variante 1 gewährleistet ist. Das könnte dazu geführt haben, dass Testpersonen bei der Bewertung gedacht haben, mit Variante 2 würden zwei Fliegen auf einen Schlag erledigt und dass sie diese Variante deshalb besser beurteilt haben. Diese Interpretation konnte aber nicht überprüft werden. Um zu diesem Punkt genauere Aussagen machen zu können, wäre es besser gewesen, Variante 1 nicht mit den anderen drei Varianten zu kombinieren. Aus Variante 1 hätte eine eigene Situation mit Varianten aufgebaut werden können, bei denen die Funktion «Zeichenerklärung» z.B. mit unterschiedlicher graphischer Qualität der Symbole thematisiert worden wäre. Variante 1 war so gesehen nicht ideal.

Dennoch kann gesagt werden, dass offensichtlich die Legende als Zeichenerklärung zusammen mit der Möglichkeit, die Kategorien ein- und auszublenden, als die sinnvollsten und damit auch wichtigsten Aufgaben der Legende angeschaut werden. Die beiden können relativ einfach kombiniert werden, ohne dabei früher geäußerte Wünsche – z.B.

möglichst Platz sparende Legende (Kapitel 8.2.4) – zu ignorieren. Ein Beispiel ist im laufenden Prototyp umgesetzt (Kapitel 9.4.1).

In Kapitel 4.1 wurde die Frage aufgeworfen, ob die Tools zur Animationssteuerung Teil der Legende sein sollen oder nicht. Nicht nur aufgrund der Bewertung in dieser Umfrage wird es als sinnvoller erachtet, die Animationssteuerung nicht im Legendenfenster zu integrieren. Es sind Tools, denen vorzugsweise ein eigener Platz eingeräumt wird, ähnlich wie bei Funktionen zur räumlichen Navigation in der Karte. Die Animationssteuerung kann als Teil der Legende im Sinne der in Kapitel 4.2 beschriebenen Komponente «Analyse» angeschaut werden. Wie dort aber ebenfalls gesagt wird, müssen nicht alle Komponenten im gleichen Fenster untergebracht werden.

Es zeigt sich aufgrund der Bewertungsverteilung obiger (C6), wie auch später diskutierter Situationen (C8, D6, D8), dass Funktionen wie kleinere Tools oder die Animationssteuerung nicht unerwünscht sind. Zusammen mit der vorher geführten Diskussion über die Grösse der Legende kann aber gesagt werden, dass in erster Linie eine Legende im Sinne einer Zeichenerklärung zur Verfügung stehen soll, die möglichst kompakt ist und das Ein- und Ausblenden der Kategorien erlaubt.

8.2.7 Hinzuschalten von Kategorien und andere Ebenenfunktionen (D11, C7)

Das Ein- und Ausblenden direkt mit der Legende ist aber nicht ganz so einfach umzusetzen, insbesondere, wenn die Legende der Basiskarte nur die im Moment im Kartenausschnitt sichtbaren Elemente erklärt (vgl. Kapitel 8.2.5). Der Nutzer muss irgendwie die Möglichkeit haben, eine Übersicht zu erhalten, in der er alle zur Verfügung stehenden Kategorien aufgelistet sieht, unabhängig davon, ob sie aktuell im Kartenausschnitt liegen oder nicht.

In Situation D11 sind die Legendenkategorien in allen Varianten mit einer zusätzlichen Checkbox versehen, die es erlaubt, eine noch sichtbare Ebene auszublenden. Dadurch ist aber das Problem des Einblendens einer zusätzlichen Kategorie noch nicht gelöst.

Bei der ersten Variante steht ein Button zur Verfügung, der mit dem Titel «weitere Kartenebenen hinzufügen» versehen ist. Durch einen Klick darauf öffnet sich ein zusätzliches, separates Fenster, in dem alle Kartenebenen ersichtlich sind und die Ebenen mittels Checkbox an- oder abgewählt werden können. Sind die gewünschten Einstellungen erfolgt, wird das Zusatzfenster wieder geschlossen und die Legende erweitert sich um die neuen Kategorien.

In Variante 2 enthält die Legende ebenfalls einen Button, diesmal mit dem Titel «alle Kartenebenen zeigen». Nach erfolgtem Klick vergrössert sich das Legendenfenster so, dass alle Ebenen sichtbar sind. Im Legendenfenster selber können die Checkboxes (de-)selektiert werden. Ist die Selektion abgeschlossen, besteht die Möglichkeit, durch

Klicken auf den Button «nur ausgewählte Kartenebenen» die Grösse des Fensters auf das Minimum zu reduzieren.

Und in der dritten Variante stehen zwei Reiter zur Verfügung. Mit dem Reiter «Legende» lässt sich die Legende mit den aktuell sichtbaren Kategorien anzeigen, mit dem Reiter «Ebenen» lässt sich unabhängig von der Legende ein Fenster öffnen, das die gesamte Ebenenauswahl präsentiert und die Selektion zulässt.

Mit durchschnittlich 1.00 Punkten schnitt die zweite Variante (innerhalb des Legendenfensters) am besten ab (Abb. 8.15). Der Unterschied zur Variante 1 (0.58) war jedoch nicht signifikant.²⁷ Signifikant am schlechtesten wurde die dritte Variante mit -0.53 Punkten beurteilt.

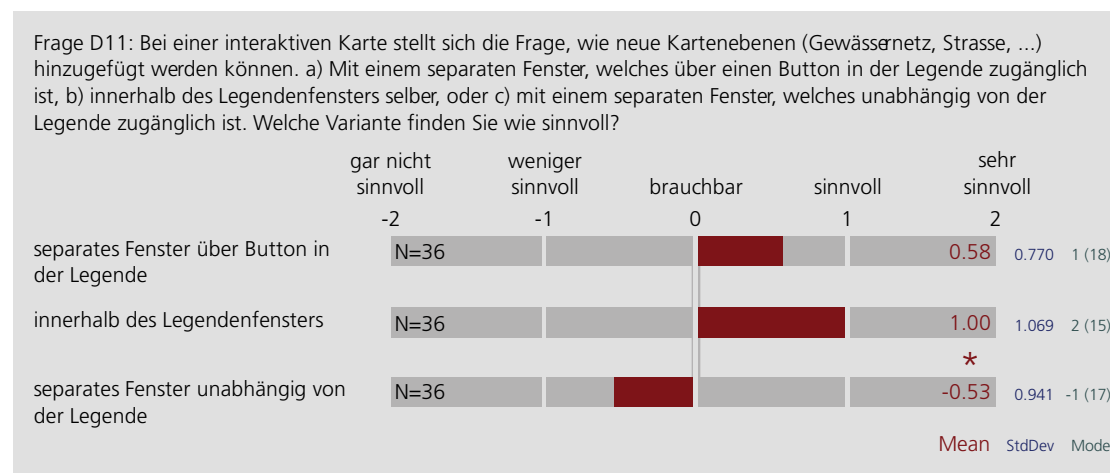


Abb. 8.15: D11: Bewertung: Hinzuschalten von Kategorien

Die Entscheidungsfrage wie auch der Modalwert stützen die leichte Dominanz der zweiten Variante. So wurde diese 22-mal, während die erste nur 10-mal als Favorit genannt wurde (vgl. Abb. A.12 im Anhang). Die dritte Variante schnitt auch hier mit 4 Nennungen am schlechtesten ab. Es erscheint also sinnvoll, die Möglichkeit, zusätzliche Kategorien dazuzuschalten, im Legendenfenster zu integrieren.

Bei der von den Probanden favorisierten Lösung spielt sich die ganze Interaktion innerhalb eines einzigen Fensters ab. Dadurch ist es die Variante, die mit Abstand am wenigsten Bildschirmplatz beansprucht. Dies könnte den Ausschlag zugunsten dieser Lösung gegeben haben.

Allerdings widerspricht dieses Resultat auf den ersten Blick dem Resultat der Schilderung der Situation C7 aus dem ersten skizzenartigen Prototyp. Dort wurde gefragt, ob grundsätzlich die Legende mit Funktionen der Kartenebenen kombiniert oder getrennt werden sollen.

²⁷ Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest

Die erste Variante zeigt die Karte mit einer Reiterleiste mit den zwei Reitern «Legende» und «Ebenen». Unter «Legende» wird das Legendenfenster mit der kompletten Zeichenerklärung eingeblendet, mit «Ebenen» öffnet sich ein Fenster, das eine Auswahl an Ebenen enthält und zusätzlich die Möglichkeit bietet, die Transparenz der Ebenen anzupassen. Bei der zweiten Variante sind die gleichen Funktionen in einem Fenster unter dem Reiter «Legende + Ebenen» vereinigt.

Hier schneidet die erste Variante mit dem Trennen der beiden Fenster mit durchschnittlich 0.80 Punkten signifikant besser ab als Variante 2 mit 0.08 Punkten (Abb. 8.16).²⁸

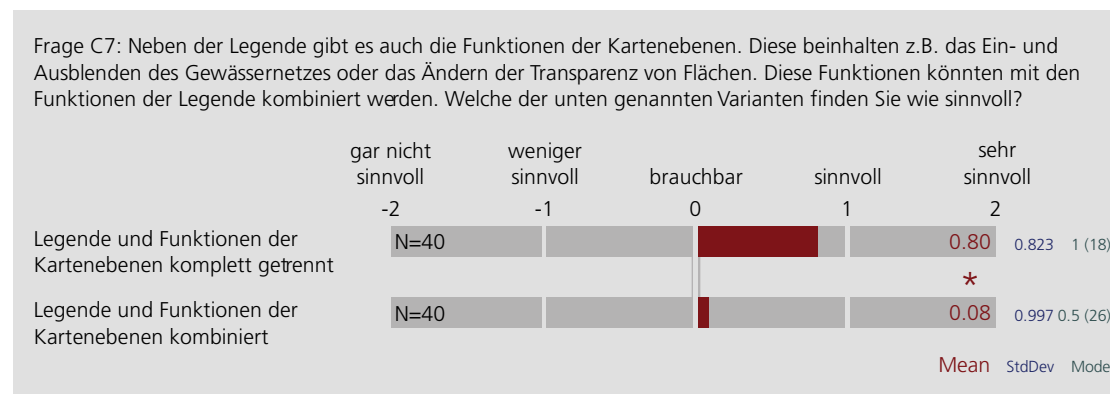


Abb. 8.16: C7: Bewertung: Kombination von Legende und Karten-Ebenen

Auch in der Entscheidungsfrage wird die erste Variante 29-mal als Favorit genannt (vgl. Abb. A.13 im Anhang). Aufgrund dieser Frage kommt man zum Schluss, dass Inhalte mit verschiedenen Funktionen besser auch in unterschiedliche Fenster aufgeteilt werden.

Und genau deshalb kann man auch interpretieren, dass sich die Resultate der Situationen D11 und C7 doch nicht widersprechen. Die Funktion des Ein- und Ausblendens wird als sehr eng verknüpft mit der Funktion der Zeichenerklärung empfunden und deshalb bevorzugt im gleichen Fenster untergebracht. Funktionen wie das Regeln der Transparenz aber werden als unabhängiger von der Zeichenerklärung angeschaut, und deshalb wurde entschieden, dass diese auch getrennt von der Zeichenerklärung angeordnet werden können.

Vielleicht war auch von Einfluss, dass das erweiterte Legendenfenster in der zweiten Variante relativ gross wirkt, auch wenn es mit 31% der Kartenfläche nicht sehr viel grösser ist als die Legende in Variante 1 (26%).

Wahrscheinlicher ist, dass bei der Variante 2 durch das Nebeneinander von verschiedenen Funktionen die Zeichenerklärung etwas in den Hintergrund gedrängt und diese Variante deshalb als unübersichtlicher empfunden wird. Ein weiterer Punkt, der dafür

²⁸ Gemäss Wilcoxon Rangsummentest

spricht, dass zusätzliche Funktionen nicht auf Kosten einer kompakten und klar strukturierten Legende gehen sollten.

8.2.8 Zugang zum Legendencenter (C9, D5)

In Kapitel 4 wurde eingeführt, was unter einem Legendencenter zu verstehen und was die Idee dahinter ist. Deshalb wurde im ersten Prototyp in Situation C9 der Frage nachgegangen, wie das Legendencenter dem Nutzer zugänglich gemacht werden soll.

Diese Situation wurde illustriert, *nachdem* die Probanden anhand von Beispielen (Situation C8) gesehen hatten, was unter einem Legendencenter verstanden werden kann. Es wurde ihnen die Möglichkeit gezeigt, dass über einen Reiter direkt zum Legendencenter gelangt werden kann und dabei eine einfache, «normale» Legende entfällt (Variante 1). Variante 2 zeigt zwei Reiter, über die unabhängig voneinander entweder die einfache Legende aufgerufen wird oder zum Legendencenter gelangt werden kann. Ebenfalls wurde den Testpersonen der Lösungsvorschlag gemacht, das Legendencenter komplett wegzulassen und nur über einen Reiter zur einfachen Legende zu gelangen (Variante 3).

Die Möglichkeit, ein Legendencenter zur Verfügung zu haben, wurde von den Probanden positiv aufgenommen; daher wurde die dritte Variante, bei der das Legendencenter weggelassen wird, mit durchschnittlich -1.05 Punkten als wenig sinnvoll bewertet (Abb. 8.17). Die Variante 1, bei der die einfache Legende fehlt, wurde mit 0.35 Punkten wesentlich besser beurteilt. Mit Abstand am meisten Punkte (1.58) erreichte der zweite Lösungsvorschlag, bei dem die einfache Legende und das Legendencenter unabhängig voneinander zur Verfügung stehen. Alle drei Varianten unterscheiden sich signifikant voneinander.²⁹

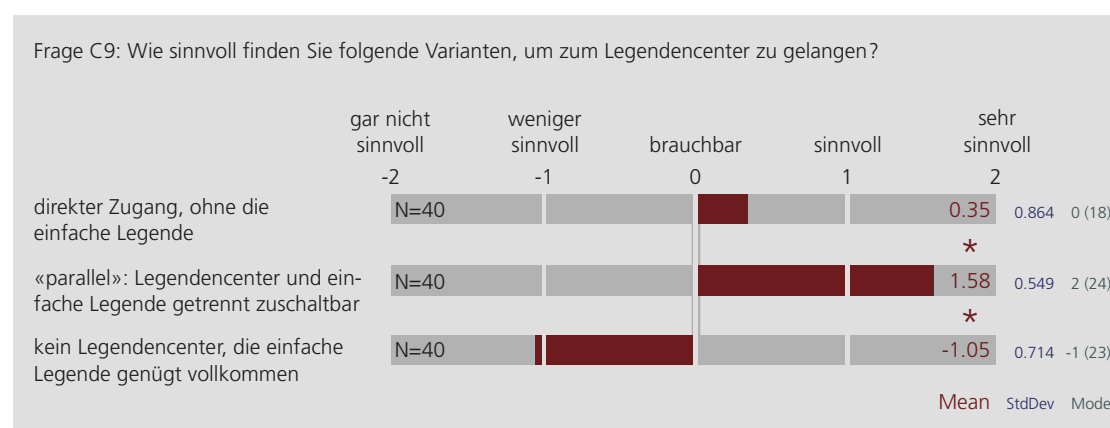


Abb. 8.17: C9: Bewertung: Zugang zum Legendencenter

²⁹ Gemäss Wilcoxon Rangsummentest

Bei der Frage nach dem Favoriten nannten 39 Probanden die zweite Variante (vgl. Abb. A.14 im Anhang). Die Testpersonen wählten damit eindeutig den Vorschlag, eine einfache Legende zur Verfügung gestellt zu bekommen, aber zusätzlich bei Bedarf die Möglichkeit zu haben, erweiterte Funktionen in Anspruch zu nehmen.

Damit ist aber erst die Tatsache geklärt, dass sowohl ein Legendencenter als auch eine einfache Legende implementiert werden sollen. Als Zugangsform wurde aber nur die Möglichkeit gezeigt, über zwei Reiter die zwei Fenster separat voneinander aufrufen zu können. Der Zugang wäre aber auch anders denkbar, und deshalb wurde in der Folgefrage im zweiten skizzenartigen Prototyp die Zugangsfrage in Situation D5 nochmals vertieft.

Die vorher geschilderte Art wurde in der ersten Variante erneut präsentiert. Beim zweiten Lösungsvorschlag aber wurde ein stufenweiser Zugang simuliert. Dort gelangt man über einen Reiter zur einfachen Legende, und erst innerhalb des Legendencenters steht ein Button zur Verfügung, über den man dann zur Erweiterung, dem Legendencenter, gelangt. Dabei vergrössert sich das ursprüngliche Legendencenter so, dass die Zusatzfunktionen ebenfalls darin Platz finden. Ist man im Legendencenter angelangt, lässt sich dieses wiederum durch einen Klick zurück auf die einfache Legende reduzieren.

Die Bewertung fiel mit 0.64 und 0.75 Punkten sehr ausgeglichen und ohne signifikanten Unterschied aus (Abb. 8.18).³⁰

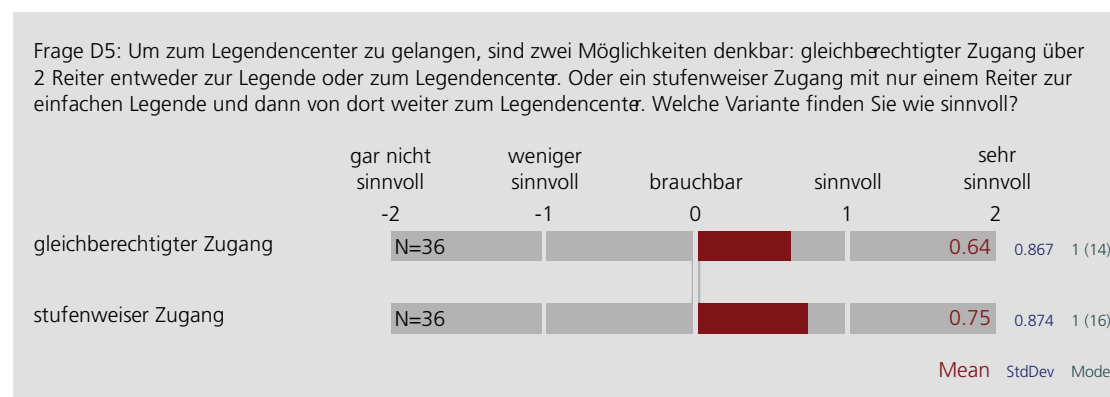


Abb. 8.18: D5: Bewertung: Zugang zum Legendencenter 2

Auch der Modalwert ist mit 14- respektive 16-mal der Bewertung «sinnvoll» recht ähnlich und in der Favoritenfrage werden die Varianten 15- respektive 21-mal genannt (vgl. Abb. A.15 im Anhang). Damit ist eine leichte Präferenz für die zweite Variante feststellbar, sie ist aber marginal.

³⁰ Gemäss Wilcoxon Rangsummentest

Dennoch wurde sie als Grundlage genommen, um im programmierten, lauffähigen Prototyp diese Variante umzusetzen (vgl. Kapitel 9.4.6). Funktionell gibt es dadurch keine Abstriche, und es kann verhindert werden, dass zwei – je nachdem grosse – Fenster gleichzeitig die Karte verdecken.

8.2.9 Funktionen im Legendencenter (C8, D6, D8)

Den Probanden wurden in Situation C8 verschiedene mögliche Funktionen eines Legendencenters zum Beurteilen präsentiert. Dadurch erhielten sie einen Einblick, was unter einem Legendencenter verstanden werden könnte, und andererseits konnten erste Erkenntnisse gewonnen werden, in welchen Bereichen Funktionen auf spontane Akzeptanz treffen. Die vier illustrierten Funktionsvarianten demonstrieren eine Auswahl an möglichen Funktionen. Diese Auswahl ist selbstverständlich nicht abschliessend und könnte mit beliebigen zusätzlichen Ideen erweitert werden.

Variante 1 zeigt die Möglichkeit, die Legende in unterschiedlicher Form zu präsentieren. Darin kann der Nutzer mit Hilfe von drei Reitern frei wählen, ob er die Legende in einer «klassischen» Art als Zeichenerklärung sehen möchte. Als Alternative dazu kann er auf eine Darstellung in Form eines Histogramms wechseln. Dadurch wird neben dem Erklären der verwendeten Farben zusätzlich Information zur statistischen Verteilung und Häufigkeit der visualisierten Daten vermittelt. Gemäss Untersuchungen von Kumar [2004] kann diese Art von Legende das Erkennen von statistischen Verteilungen und Zusammenhängen bei Choroplethenkarten in vielen Fällen erheblich erleichtern. Mit dem dritten Reiter steht noch ein Diagramm zur Verfügung, das ebenfalls im Hinblick auf eine explorative Datenanalyse von Nutzen sein kann.

Bei der zweiten Variante enthält das Legendencenter diverse Tools zur Steuerung der Farbgebung jeder einzelnen Kategorie der Karte. In der dritten Variante wird demonstriert, wie über ein Histogramm die Klassierung verändert werden kann. Und die vierte Variante zeigt die Möglichkeit der Anzeige und spezifischen Abfrage von statistischen Informationen.

Die Varianten 1, 2 und 4 wurden allesamt recht gut und ohne signifikante Unterschiede zwischen durchschnittlich 0.53 (4) und 0.69 Punkten (1) bewertet (Abb. 8.19). Nur Variante 3 (Klassierung nach Wunsch) wurde signifikant etwas weniger gut beurteilt (-0.15).³¹

³¹ Alle Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest

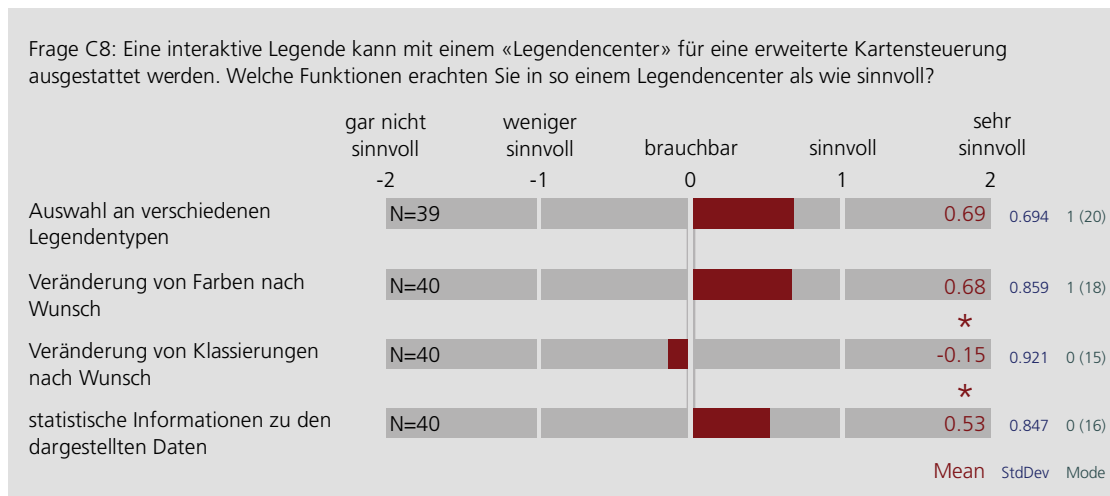


Abb. 8.19: C8: Bewertung: Funktionen eines Legendencenters

Die Probanden wurden bei der Favoritenfrage aufgefordert, die für sie zwei wichtigsten Funktionen zu nennen. Das Resultat dieser Frage zeigt eine Tendenz zugunsten der Varianten 1 und 2 mit je 28 Nennungen (vgl. Abb. A.16 im Anhang). Die statistischen Informationen (Variante 4) wurden 17-mal, die dritte Variante 6-mal gewählt.

Es hat sich gezeigt, dass verschiedene zusätzliche Funktionen als sinnvoll angeschaut werden. Offensichtlich besteht das Bedürfnis nach Möglichkeiten, stärker mit dem Inhalt der Karte interagieren zu können oder auch auf das Erscheinungsbild der Karte Einfluss zu nehmen.

Weshalb die Möglichkeit der manuellen Klassierung signifikant schlechter abgeschnitten hat, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Es könnte aber sein, dass bei dieser Variante wegen der gewählten Art von Prototyp (mit einer passiven Rolle der Testpersonen) die Vorteile dieser Möglichkeit weniger deutlich zum Ausdruck kommen als bei den übrigen drei Lösungsvorschlägen.

Die Variante 2 lässt viel Umsetzungsspielraum offen. Ähnlich wie bereits eine Variante in Situation C6 (vgl. Abb. 8.14) wurde sie hier als sinnvoll beurteilt. Ebenfalls wird die Möglichkeit einer umfangreichen individuellen Farbanpassung im Hinblick auf eine explorative Datenanalyse als sehr wichtig beurteilt. Aus diesen Gründen wurden im zweiten Prototyp zu diesem Punkt vertiefende Fragen gestellt und Situationen präsentiert.

Die Situation D6 ergänzt die oben beschriebene Variante mit einem zweiten Lösungsvorschlag, der gleich aufgebaut ist wie der erste, aber statt der Farbgebung die Symbolisierung ins Zentrum stellt: Symbole können umgeformt (abstrakt – figürlich), Strichstärken variiert und Strichlierungen verändert werden. Damit wird ebenfalls das Kartenbild den Bedürfnissen des Nutzers angepasst.

Die Möglichkeit der Farbwahl schnitt signifikant besser und mit 1.56 Punkten sehr gut ab (Abb. 8.20).³² Die Variante der Symbolisierung wurde aber ebenfalls als ziemlich gut beurteilt (0.31).

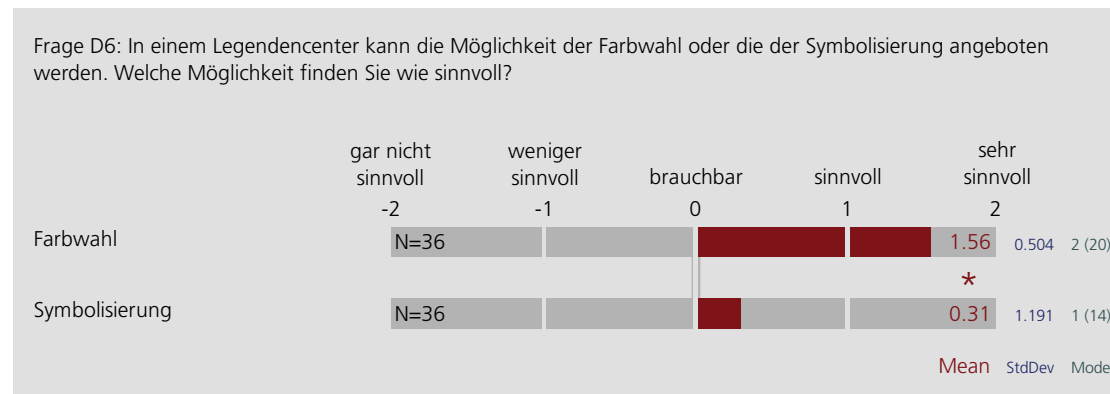


Abb. 8.20: D6: Bewertung: Legendencenter: Farbwahl – Symbolisierung

34-mal wurde die Farbwahl als Favorit genannt, die Symbolisierung bloss 4-mal (vgl. Abb. A.17 im Anhang). Die klare Präferenz gilt also der Farbwahl.

Die nachfolgende Situation D8 geht weiter auf die Symbolisierung und die Farbwahl ein. Die Situation wurde so konstruiert, dass es dabei um die Frage geht, welche von beiden beim Öffnen des Legendencenters im Vordergrund erscheinen soll.

Variante 1 stellt die Farbwahl in den Vordergrund. Sie ist beim Öffnen des Legendencenters direkt verfügbar, die Optionen zur Symbolisierung müssen durch einen Klick auf den entsprechenden Reiter an die Stelle der Farbwahl geholt werden. Über die Reiter kann zwischen den beiden hin- und hergeschaltet werden. Variante 2 dreht die Reihenfolge um: Beim Öffnen sind die Optionen zur Symbolisierung verfügbar, zur Farbwahl muss über den Reiter gegangen werden. Die dritte Variante hingegen stellt keine der beiden Optionen in den Vordergrund, sie erscheinen gleichzeitig nebeneinander.

Die Variante mit der Farbwahl im Vordergrund schnitt auch hier signifikant am besten ab und erhielt durchschnittlich 0.92 Punkte (Abb. 8.21). Zwischen den beiden anderen Varianten ergab sich kein signifikanter Unterschied; sie wurden mit 0.14 respektive 0.03 Punkten in etwa gleich bewertet.³³

³² Gemäss Wilcoxon Rangsummentest

³³ Alle Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest

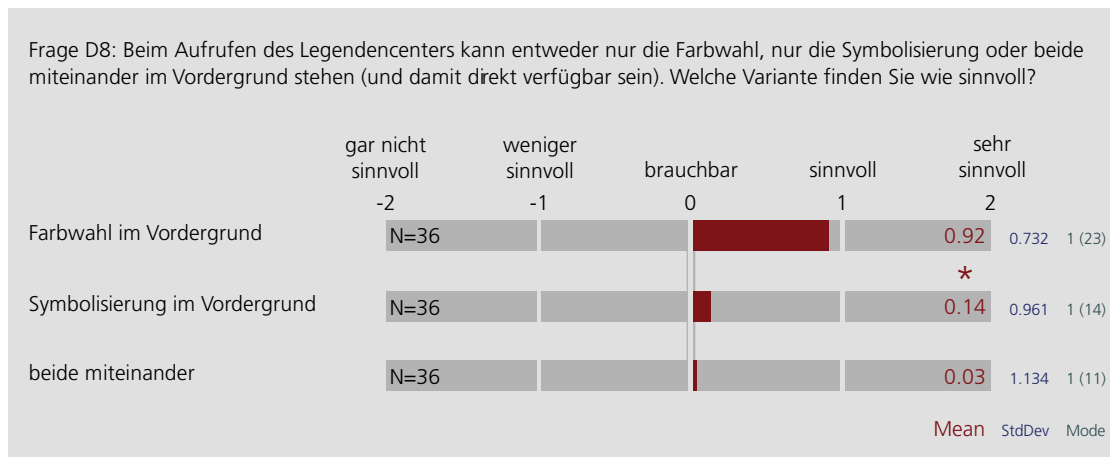


Abb. 8.21: D8: Bewertung: Legendencenter: Favorisierung von Farbwahl und/oder Symbolisierung

Alle drei haben zwar den gleichen Modalwert (1), die Anzahl Nennungen spiegelt aber die gleiche Reihenfolge wider. Dieses Bewertungsbild dürfe aber etwas verzerrt sein, da vermutlich die dritte Variante durch eine wichtige Tatsache beeinflusst wurde: In der Version der kombinierten Lösung nimmt das Legendencenter viel mehr Platz ein als bei den beiden anderen. Alleine schon durch diese Tatsache dürfte diese Variante etwas schlechter abgeschnitten haben. Diese Theorie wird durch die Entscheidungsfrage gestützt. Dort schnitt zwar auch die Farbwahl mit 26 Nennungen klar am besten ab, die kombinierte Lösung erhielt aber immerhin 9 Stimmen, im Gegensatz zur Variante 2 mit 2 Nennungen (vgl. Abb. A.18 im Anhang). Ebenfalls hatten 8 Testpersonen bereits bei der Situation D6 zwar die Farbwahl favorisiert, aber auf dem Fragebogen einen schriftlichen Vermerk gemacht, wie zum Beispiel «es bräuchte aber am besten eine Kombination beider Varianten». Ein weiterer Proband hat bei D8 die «Farbwahl im Vordergrund» favorisiert und bei der kombinierten Variante den Vermerk «weil sonst zu gross» hingeschrieben.

Im präsentierten Prototyp wurden sowohl zur Farbwahl als auch zur Symbolisierung viele ähnliche Optionen dargestellt, wie zum Beispiel drei verschiedene Arten, die Farbe zu wählen. Selbstverständlich könnte dies anders umgesetzt werden und aus beiden Gruppen eine Auswahl getroffen werden, so dass die beiden tatsächlich kombiniert werden können, ohne dass deswegen so viel Platz wie in Variante 3 beansprucht wird. Dies wird auch als Fazit aus den beiden Situationen D6 und D8 gezogen.

8.2.10 Smarte Unterstützung im Legendencenter (D7)

Aufbauend auf der oben geschilderten Situation D6 wurden in Situation D7 die Optionen zur Symbolisierung nochmals aufgegriffen. Dabei wurde versucht, mögliche smarte Einflüsse der Legende aufzuzeigen und diese einer statischeren, aber immer noch interaktiven Form gegenüberzustellen.

Die erste Variante illustriert die technisch einfache Möglichkeit, bei der die Wahl offen bleibt: Nach dem Öffnen des Legendencenters kann eine Kategorie selektiert werden, danach muss der Nutzer selber entscheiden, welche Symbolisierungsoptionen für seine Selektion sinnvoll sind. So wäre es nicht sinnvoll, aus einer linienhaften Kategorie (z.B. Leitungen) ein Punktsymbol machen zu wollen. Aufgrund der Präsentation der Optionen kann der Nutzer aber nicht erkennen, welche in Frage kommen und welche nicht, da der Aktivitätszustand nicht aus der Grafik ersichtlich ist.

In diesem Punkt unterscheidet sich die zweite Variante: Bis zur Selektion einer Kategorie verläuft alles genau gleich, aber im Augenblick einer Selektion stehen bei den Symbolisierungsoptionen nur noch diejenigen zur Verfügung, die sich mit der gewählten Kategorie auch tatsächlich durchführen lassen, die anderen werden inaktiv und abgedimmt.

Die Bewertung durch die Probanden war eindeutig. Die erste, einfache Variante wurde mit durchschnittlich -1.08 Punkten als nicht sinnvoll und damit signifikant schlechter als die zweite Variante (1.67 Punkte) beurteilt (Abb. 8.22).³⁴

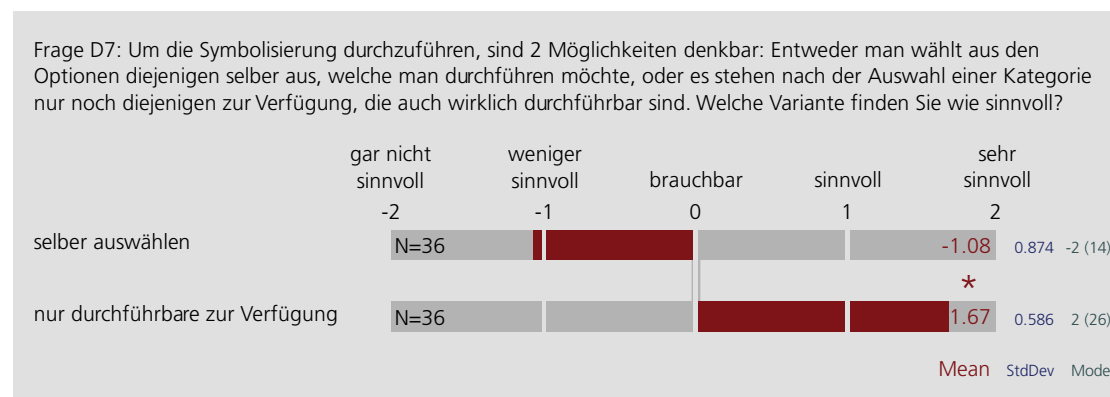


Abb. 8.22: D7: Bewertung: Legendencenter: Symbolisierungsoptionen

Das gleiche eindeutige Bild zeigt sich bei der Beantwortung der Frage nach dem Favoriten: 35 nannten die zweite Variante (vgl. Abb. A.19 im Anhang).

Die Meinung der Testpersonen ist klar: das System soll «mitdenken» und nur Optionen anbieten, die dann auch tatsächlich durchführbar sind. Die Bewertung fiel derart klar aus, dass es sinnvoll erscheint, dieses Prinzip weiter auszubauen und zu überlegen, wo und auf welche Weise sonst noch ähnliche Erleichterungen für den Nutzer umgesetzt werden können. Auf solche Möglichkeiten wurde bereits in Kapitel 4.3 bei der Diskussion des Ansatzes einer *Smart Legend* hingewiesen und auch im lauffähigen Prototyp werden verschiedene Möglichkeiten implementiert (siehe Kapitel 9.4).

³⁴ Signifikanz gemäss Wilcoxon Rangsummentest

8.2.11 Kombination von zwei Legenden (D12)

Etwas losgelöst von den anderen Situationen wurde zum Abschluss eine letzte Situation präsentiert, bei der es um die Kombination von zwei Legenden geht. Mit der Technik der digitalen Karten ist es möglich, zwei Karten übereinander zu legen und damit gleichzeitig zu betrachten. Dies kann bei verwandten Kartenthemen Sinn machen. So wurde in der Situation D12 eine tektonische mit einer lithologischen Karte kombiniert. Dabei hat der Nutzer immer eine der Karten «aktiv» im Vordergrund, die zweite liegt als Zusatzinformation zurückgestellt, «passiv» im Hintergrund.

Entsprechend muss für die beiden Karten jeweils eine Legende zur Verfügung gestellt werden. Die Frage ist aber, wie die zwei Legenden kombiniert werden. Das ist bei kleinen, kurzen Legenden ein weniger grosses Problem, da es sich anbietet, die zweite Legende an die erste unten anschliessend zu platzieren. Im ausgewählten Beispiel sind die Legenden des Themas wegen aber sehr ausführlich und jede einzelne beansprucht bereits relativ viel Platz. In allen drei Varianten wird zuerst nur die tektonische Karte mit zugehöriger Legende gezeigt. In einem zweiten Schritt wird die lithologische Karte darüber gelegt und wird damit zur aktiven Karte im Vordergrund; die tektonische tritt in den Hintergrund, ihre Information ist aber noch erkennbar.

Bei der ersten Variante erscheint die zweite Legende neben der ersten, die erste der jetzt passiven Karte wird etwas abgedimmt. Durch das Hin- und Herschalten zwischen der aktiven und passiven Karte wird immer die Legende der jeweils passiven Karte abgedimmt. Bei der zweiten Variante wird die Legende der ersten Karte mit einem Reiter dargestellt. Beim Dazuschalten der zweiten Karte wird ein zweiter Reiter mit der Legende der neuen Karte hinzugefügt. Der Reiter und damit auch die Legende der jeweils aktiven Karte sind im Vordergrund. Die Legende der passiven Karte ist nicht gleichzeitig sichtbar. In der dritten Variante wird die neue Legende oberhalb der ersten platziert. Im simulierten Beispiel reicht die Höhe des Bildschirmes nicht aus, um beide vollständig anzuzeigen, ein Scrollbar erweitert deshalb den Platz.

Signifikant am besten wurde mit durchschnittlich 1.08 Punkten die Methode der Trennung der Legenden mittels eines Reiters beurteilt (Abb. 8.23). Variante 1 und 3 unterscheiden sich nicht signifikant voneinander und wurden mit -0.50 respektive -0.67 Punkten als eher wenig sinnvoll bewertet.³⁵

³⁵ Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest

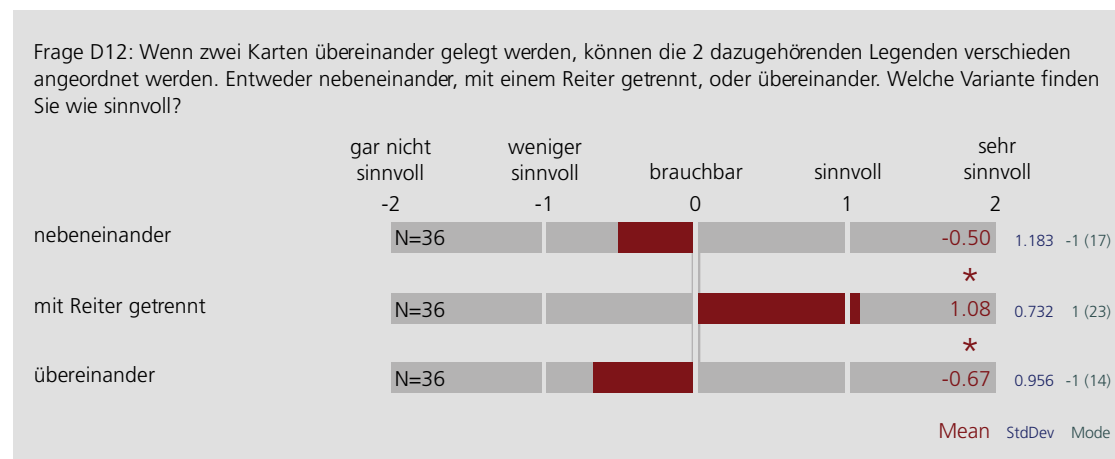


Abb. 8.23: D12: Kombination von zwei Legenden

Die Entscheidungsfrage zeigt das exakt gleiche Bild: 29 Nennungen für die zweite Variante, die erste erhielt 6 und die dritte bloss 1 Stimme (vgl. Abb. A.20 im Anhang). Damit ist die Meinung der Testpersonen klar, die Legenden sollen mit einem Reiter getrennt werden.

Die Aussagekraft dieses Resultats muss jedoch eingeschränkt werden. Denn das geschilderte Problem ist extrem abhängig von den gewählten Karten. Je nachdem verlagert es sich stark, da verschiedenste Einflüsse mitwirken. Deshalb einige Bemerkungen dazu.

- In der illustrierten Variante 1 beansprucht das Nebeneinander der Legenden sehr viel Platz, 46% der Kartenfläche sind verdeckt. Wie früher gesehen, ist dies über der «kritischen Grenze» für die Grösse. Das dürfte den schlechten Mittelwert beeinflusst haben.
- In Variante 3 ist der Höhe der Legende wegen ein Scrollbar nötig. Gemäss Thissen [2004] haben aber Studien gezeigt, dass Scrollen bei Nutzern grundsätzlich sehr unbeliebt ist und es deswegen wenn irgend möglich zu vermeiden ist. Gut möglich, dass auch dieser Nebeneffekt die Beurteilung beeinflusst hat.
- Bei derart langen Legenden ist die durch die Reiter gegebene Struktur klärend und dadurch übersichtlicher. Unabhängig von der Länge der Legenden ist bei der Variante mit den Reitern die Zuordnung der Kartenelemente zur richtigen Legende immer eindeutig. Diese Tatsachen dürften auch bei anders gewählten Karten zu einer tendenziell positiveren Beurteilung führen.

- Falls die beiden Legenden sehr unterschiedlich lang sind, so sind verschiedene Lösungsansätze denkbar. Wenn es der Platz erlaubt, könnten beide gleichzeitig in voller Länge (und ohne Scrollbar) übereinander angeordnet werden. Ob diese Möglichkeit von den Testpersonen besser beurteilt würde als die illustrierte Variante 3, kann aufgrund der durchgeführten Tests nicht gesagt werden und müsste abgeklärt werden. Falls aber auch dann die in den Tests bevorzugte Variante (2) umgesetzt wird, ist darauf zu achten, dass beim Wechsel zwischen den beiden Reitern die linke obere Ecke des Legendenfensters als Fixpunkt definiert wird. Dann könnte sich auch die Grösse bei jedem Wechsel auf das notwendige Minimum anpassen, ohne dass das Lesen der Legende durch eine ständig wechselnde Platzierung erschwert wird. Würde sich die Grösse nicht anpassen, bleibt zwar das Gesamtkartenbild ruhiger, dafür entstehen entweder unnötige Leerflächen oder ein Platzmangel, was wiederum den Einsatz eines Scrollbars nötig machen würde.

8.3 Testergebnisse des Vergleichs von Merkmalsgruppen

Bei allen oben erwähnten Resultaten und Tests wurde immer die Gesamtheit aller Testpersonen einbezogen und mit dem Mittelwert aus der ganzen Gruppe argumentiert. Dieses Vorgehen wird auch als geeignet erachtet, da die Resultate – mit den in Kapitel 8.1 erwähnten Einschränkungen – so gut als möglich generell gelten sollen.

Selbstverständlich ist es aber auch möglich, die Bewertungen der Probanden nach bestimmten Merkmalsgruppen zu analysieren. Die Aussagekraft solcher Resultate schränkt sich dadurch jedoch auf die jeweilige Merkmalsgruppe ein.

8.3.1 Übersicht: Unterschiede in Antworttendenzen von Merkmalsgruppen

Aufgrund der vorliegenden soziometrischen Merkmale der Probanden wurden fünf Merkmalsgruppen erstellt. Es wurden die folgenden fünf Merkmale zur Einteilung in Gruppen ausgewählt: «Geschlecht», «Häufigkeit der Computernutzung», «Kenntnis digitaler Atlanten», «Häufigkeit des Gebrauchs interaktiver Karten» sowie die Merkmalsgruppe «Häufigkeit Computerspiele».

Aus untenstehender Tabelle sind zu jedem Merkmal die Ausprägungsgrade ersichtlich, die für die Zuteilung zu den Gruppen ausschlaggebend waren. Zu jeder Gruppe wird auch immer die daraus resultierende Gruppengrösse (N) angegeben (Tab. 8.2).

Merkmal	«Ausprägungsgrad» und Anzahl (N)	«Ausprägungsgrad» und Anzahl (N)
Geschlecht	«Frauen»	«Männer»
	N=20	N=20
Häufigkeit Computernutzung	«täglich»	«2-4x/Wo» & «3-5x/Mo» & «1x/Mo» & «weniger»
	N=26	N=14
Kenntnis digitaler Atlanten	«Ja»	«Nein»
	N=21	N=19
Gebrauch inter- aktiver Karten	«manchmal» & «oft»	«selten» & «nie»
	N=23	N=17
Häufigkeit Computerspiele	«fast täglich» & «2-3x/Wo»	«3-5x/Mo» & «1x/Mo» & «weniger» & «nie»
	N=16	N=24

Tab. 8.2: Einteilungskriterien für die Merkmalsgruppen

Um abschätzen zu können, wie sehr die einzelnen Ausprägungsgrade einen Einfluss auf das Antwortverhalten gehabt haben, wurden weitere statistische Tests gemacht. Darin wurde geprüft, ob die Tendenz der Beurteilung der Varianten des Prototyps signifikant anders ist, je nachdem welche Merkmalsgruppe bewertet hat (vgl. auch Kapitel 7.4).

Dabei wurden mit den oben genannten Merkmalsgruppen sämtliche Varianten des ersten Prototyps getestet. In untenstehender Übersicht ist für alle Situationen festgehalten, bei welchen Varianten sich signifikante Unterschiede für welche Merkmalsgruppen ergeben haben (Tab. 8.3). Ist eine statistische Signifikanz vorhanden, ist die entsprechende Variante – z.B. die Variante 3 der Situation C2 – mit der Abkürzung «Var. 3» eingetragen. Getestet wurde nach dem U-Test von Mann-Whitney, wie ebenfalls in Kapitel 7.4 beschrieben.

Situation	Geschlecht	Häufigkeit Computer- nutzung	Kenntnis digitaler Atlanten	Gebrauch interaktiver Karten	Häufigkeit Computer- spiele
C1					
C2	Var. 3	Var. 1	Var. 1	Var. 2	Var. 3
C3	Var. 1, Var. 3				Var. 3
C4					
C5	Var. 3				Var. 4
C6	Var. 2, Var. 4		Var. 1, Var. 2		Var. 3, Var. 4
C7				Var. 1	Var. 1
C8	Var. 3				
C9			Var. 2		

Tab. 8.3: Signifikante Unterschiede bei Merkmalsgruppen nach U-Test von Mann-Whitney

Es treten vermehrt signifikante Unterschiede für die Merkmalsgruppen «Geschlecht» und «Häufigkeit Computerspiele» auf, bei den anderen drei Gruppen sind kaum signifikante Unterschiede feststellbar. Für das Merkmal Geschlecht wurde dies weniger erwartet. Allerdings zeigt sich, dass 14 der Männer zur Kategorie Viel-Spieler gehören, während bei den Frauen nur zwei in dieser Kategorie sind. Dadurch ist die Merkmalsgruppe «Häufigkeit Computerspiele» mit dem «Geschlecht» hoch korreliert.

Einige Varianten werden von diesen *beiden* Gruppen signifikant anders beurteilt (z.B. Situation C2, Variante 3; vgl. Tab. 8.3). Aufgrund der hohen Korrelation zwischen den beiden Gruppen kann nicht gesagt werden, auf welches der beiden Merkmale die unterschiedliche Beurteilung zurückzuführen ist. Allerdings stehen die beiden Merkmale untereinander vermutlich wiederum in einem engen Zusammenhang, so dass es kein Zufall sein dürfte, dass der Gruppe der Viel-Spieler vor allem Männer angehören. Es war jedoch nicht das Ziel der durchgeführten Befragungen, diese – eher zufällig aufgedeckte – Korrelation zu untersuchen. Es müsste ein weiterer Prototyp mit neuen, besser geeigneten Situationsschilderungen erarbeitet werden, mit dem eher Rückschlüsse auf die Unterschiede in der Antworttendenz dieser beiden Merkmalsgruppen geschlossen werden können.

Aber auch in diesen beiden auffälligeren Gruppen ist die Anzahl signifikanter Unterschiede in Anbetracht der grossen Anzahl an verschiedenen Situationen relativ gering. Das spricht dafür, dass die Resultate im Grossen und Ganzen nur beschränkt abhängig sind von den verschiedenen Voraussetzungen dieser Testpersonen. Die Resultate sind trotzdem nicht verallgemeinerbar, da die Probandengruppe trotz der verschiedenen Voraussetzungen nicht für die Allgemeinheit repräsentativ ist. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Resultate für einen «vergleichbaren, erweiterten Nutzerkreis» (z.B. generell Personen in diesem Alter) Aussagekraft haben. Welche der Merkmalsgruppen bei einem signifikanten Unterschied besser und welche schlechter bewertet haben, wurde nicht untersucht.

Die Liste der aufgeführten Tests mit Merkmalsgruppen liesse sich erweitern. Das ausführliche Diskutieren aller in Tabelle 8.3 aufgeführten Beziehungen sowie das Testen weiterer Zusammenhänge würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit sprengen und wird deshalb weggelassen. Aufgrund der gegebenen Stichprobengrösse wird auch die Aussagekraft bald einmal eingeschränkt, da die Merkmalsgruppen entsprechend klein werden. Alle notwendigen Rohdaten für die nicht mehr durchgeführten Tests und Untersuchungen sind aber auf der beiliegenden Daten-CD im Anhang D und können bei Bedarf für weitere Auswertungen verwendet werden.

Zwei Beispiele werden trotzdem im Folgenden ausgeführt. Im ersten Beispiel wird gezeigt, wie der Geschlechterunterschied signifikant zum Tragen kommt, im zweiten

beurteilt die Gruppe, die sehr häufig Computerspiele spielt, eine bestimmte Variante signifikant anders.

8.3.2 Erstes Beispiel: Einfluss des Geschlechts auf das Antwortverhalten

Bei der Situationsschilderung C3 zum Aufrufen der Legende (vgl. für Details Kapitel 8.2.2) hatten die Frauen gemäss Tabelle 8.3 bei zwei Varianten ein signifikant anderes Antwortverhalten an den Tag gelegt: Sie beurteilten Variante 1 mit durchschnittlich 1.55 Punkten und Variante 3 mit 0.65 Punkten signifikant besser als die männlichen Probanden (1.20 respektive -0.30 Punkte; Abb. 8.24). Die zweite Variante bewerten sie mit -0.35 Punkten deutlich, aber knapp nicht signifikant, schlechter als die Männer (0.20 Punkte). Lediglich in der Beurteilung der Variante 4 sind keine Unterschiede zwischen den zwei Merkmalsgruppen erkennbar, beide bewerten hier sehr neutral (0.00 respektive 0.05 Punkte).³⁶

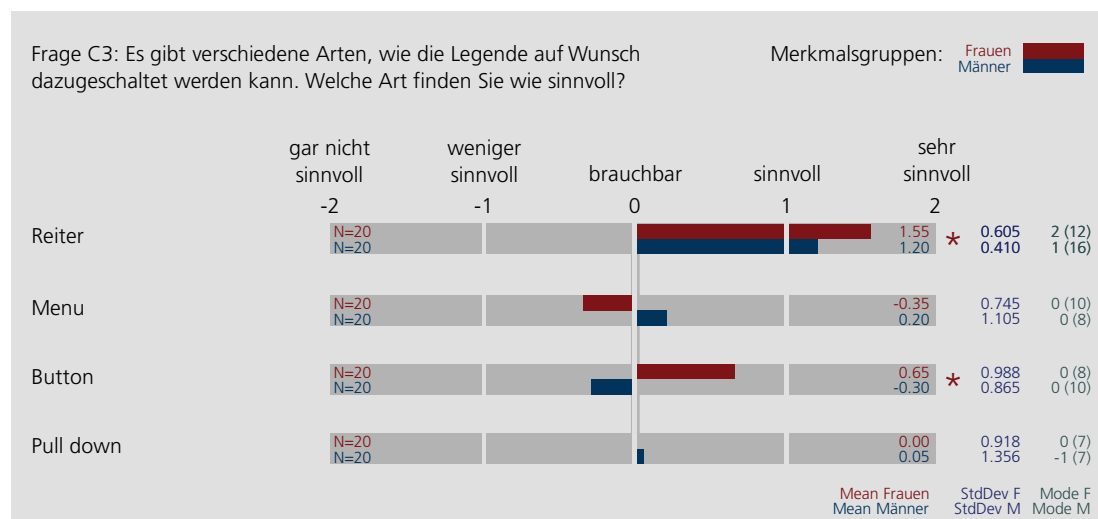


Abb. 8.24: C3: Bewertung: Einfluss des Geschlechts auf die Antworttendenz

Über die Gründe, weshalb die Frauen anders beurteilt haben als ihre männlichen Kollegen, kann in diesem Fall nur spekuliert werden. Es fällt aber auf, dass die Frauen die Varianten 1 und 3 signifikant besser beurteilt haben als 2 und 4. Varianten 1 und 3 sind diejenigen, bei denen die Legende mit nur einem einzigen Klick erreichbar ist, während bei 2 und 4 zusätzlich noch eine Auswahl aus einer Liste erfolgen muss. Es könnte sein, dass dies ausschlaggebend war für die Bewertung der Frauen. Die Männer hingegen beurteilten nur Variante 1 signifikant besser, unter Varianten 2 bis 4 lassen sich bei ihnen keine signifikanten Unterschiede feststellen.³⁷

³⁶ Signifikanzen gemäss U-Test von Mann-Whitney wie in Kapitel 7.4 beschrieben

³⁷ Signifikanzen gemäss Wilcoxon Rangsummentest

Variante 3 wurde ebenfalls von den Merkmalsgruppen Viel- und Wenig-Spieler signifikant unterschiedlich beurteilt, die Viel-Spieler vergaben weniger Punkte. Es sei hier auf die vorangehenden Bemerkungen zur hohen Korrelation der beiden Merkmalsgruppen «Häufigkeit Computerspiele» mit dem «Geschlecht» verwiesen (Kapitel 8.3.1).

Variante 1 wurde zwar wie oben gesagt von den Frauen signifikant besser beurteilt als von den Männern, *beide* schauen jedoch die Reiter-Variante als sehr sinnvoll an. Bei Variante 3 aber sind sich die zwei Merkmalsgruppen nicht einig: Während die Frauen dieser Variante positiv gegenüber stehen, wird sie von den Männern als negativ betrachtet. Es scheint, dass die Frauen einfache, klare Lösungen bevorzugen (nur ein Klick), während die Männer offener sind gegenüber technisch begründeten Zugängen, auch wenn dafür mehrere Klicks notwendig sind.

8.3.3 Zweites Beispiel: Einfluss der Spielhäufigkeit auf das Antwortverhalten

Im Rahmen der Situation C6 wurde danach gefragt, als wie sinnvoll die Probanden eine Animationssteuerung in der Legende erachten. Wie oben beschrieben fiel die Beurteilung dieses Vorschlages neutral aus (durchschnittlich 0.00 Punkte, vgl. Kapitel 8.2.6). Aus Tabelle 8.3 geht hervor, dass Testpersonen, die besonders häufig Computerspiele spielen, bei dieser Frage (Variante 4 der Situation C6) tendenziell anders bewertet hatten als Probanden, die seltener oder nie spielen.

Wie aus Tabelle 8.2 hervorgeht bilden die erste Gruppe diejenigen Probanden, die mehrmals pro Woche spielen (Ausprägungsgrad «fast täglich» und «2- bis 3-mal pro Woche»), die zweite Gruppe machen diejenigen aus, die nur wenige Male pro Monat bis gar nie spielen (Ausprägungsgrad «3- bis 5-mal pro Monat», «1-mal pro Monat», «weniger» und «nie»).

Die Viel-Spieler bewerteten diese Variante mit durchschnittlich 0.56 Punkten und damit signifikant besser als die Wenig-Spieler, die -0.38 Punkte vergaben (Abb. 8.25).³⁸

³⁸ Signifikanz gemäss U-Test von Mann-Whitney

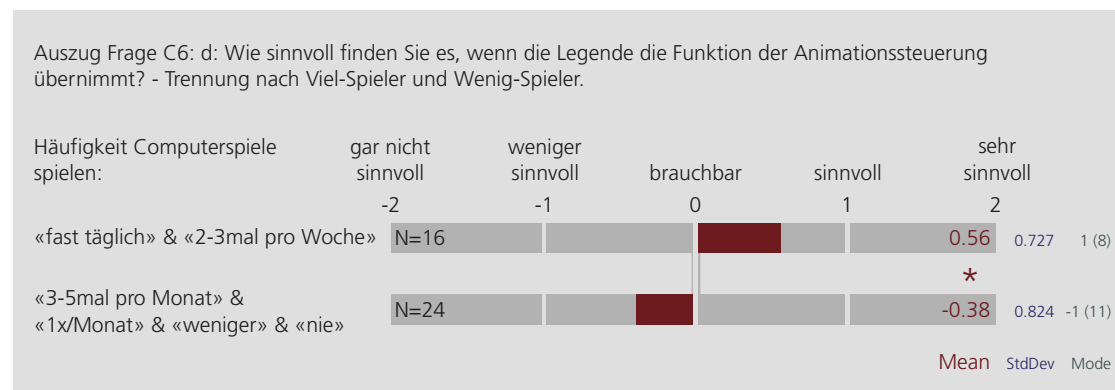


Abb. 8.25: C6d: Bewertung: Animationssteuerung in Legende nach Spielhäufigkeit

Die Viel-Spieler sind wahrscheinlich vermehrt mit einem animierten Inhalt am Bildschirm konfrontiert, erwarten diesen dadurch eher und betrachten deshalb den Vorschlag als sinnvoller.

Auch diese Variante wurde von der Merkmalsgruppe «Geschlecht» ebenfalls signifikant anders beurteilt. Aufgrund der mehrmals erwähnten hohen Korrelation der Merkmalsgruppen «Geschlecht» und «Häufigkeit Computerspiele» kann nicht mit Sicherheit auf den auslösenden Faktor geschlossen werden, es wird aber angenommen, dass bei dieser Variante aus oben genannten Gründen vor allem die Häufigkeit der Computerspiele zum tragen kommt. Es sei nochmals auf die Bemerkungen in Kapitel 8.3.1 verwiesen.

Diese von der Gesamtgruppe abweichende Antworttendenz, die durch die unterschiedlichen Voraussetzungen zustande kommt, könnte sich in einer punktemässig positiveren, aber auch negativeren Bewertung anderer Situationen und Varianten niederschlagen. Dazu wurden jedoch keine weiteren Untersuchungen gemacht.

8.4 Bemerkungen zum gewählten Verfahren

Nachfolgend sind einige wichtige Bemerkungen zum gewählten Verfahren zusammengefasst, die bei der Interpretation oder Umsetzung der Resultate beachtet werden müssen.

- In allen Situationsschilderungen wurde die Legende immer so präsentiert, dass sie in einem eigenen Legendenfenster erscheint, das beim Einblenden *auf* dem Kartenbild erscheint, womit immer ein Teil der Karte verdeckt wird. Dadurch wird der Testperson bewusst, dass das Betrachten der Legende auf Kosten von Karteninformation geht. Die Frage bleibt offen, ob und wie sich die Bewertungen verändert hätten, wäre die Legende, wie in vielen Webkarten üblich, so umgesetzt worden, dass auch durch das Ausblenden keine neue Karteninformation sichtbar würde.

- Die Resultate decken sich in vielen Bereichen mit Angaben aus der Literatur, die im Zusammenhang mit dem generellen GUI-Design gemacht werden. Als Beispiel sei hier das Abschneiden der bereits diskutierten Varianten erwähnt, bei denen ein Scrollen in der Legende nötig wurde (vgl. zum Beispiel Kapitel 8.2.11).
- Anzahl und Art der illustrierten Varianten waren für die Probanden fix vorgegeben. Es gilt aber zu beachten, dass ebenfalls andere, zusätzliche und neue Lösungsvorschläge zu einer Situation denkbar sind. Zudem könnten die gezeigten Lösungsvorschläge auch auf andere Art und Weise den gleichen Sachverhalt demonstrieren. So gibt es zum Beispiel viele Möglichkeiten, wie Tools zur Animationssteuerung gestaltet werden. Auch das Verwenden von anderen Farben, Schriftarten oder Strichstärken kann die Bewertung beeinflussen, da sich je nachdem die gleiche Situation optisch ganz anders präsentiert. Wie gut die Probanden von dieser Tatsache abstrahieren und auf die funktionellen Sachverhalte fokussieren konnten, kann nicht belegt werden.
- Allerdings gibt es mehrere Anzeichen dafür, dass die Testpersonen erstens diese Abstrahierung machen konnten und zweitens konzentriert bei der Befragung teilnahmen und sich auch tatsächlich Gedanken beim Beurteilen gemacht haben:
 - o Mehrere Probanden hatten während der Präsentation der Prototypen mündlich nachgefragt, ob sie die Variante im Sinne der Untersuchung aufgefasst haben.
 - o Eine Person hat während der Befragung mündlich den Vorschlag gemacht, eine weitere, nicht präsentierte und inhaltlich neue Variante umzusetzen.
 - o Diverse Testpersonen haben schriftliche Bemerkungen auf dem Fragebogen festgehalten, wie sie bei der Diskussion der Situationen D6 und D8 (Kapitel 8.2.9) auch schon erwähnt wurden.
 - o Ein Proband hat bemerkt und schriftlich festgehalten, dass bei der Illustration der Situation D6 in Variante 1 und 2 ein Detail unterschiedlich umgesetzt wurde: Die Veränderung der Farbe respektive Symbolisierung erfolgt in der Karte im ersten Fall erst nach Betätigen des Buttons «Karte zeichnen», im zweiten Fall aber immer direkt. Diese Bemerkung wäre nicht möglich gewesen, hätte der Proband die Präsentation nicht sehr aufmerksam verfolgt.
 - o Ebenfalls hat ein Proband schriftlich festgehalten, dass seine Beurteilung der Variante, die Legende beim zweiten Öffnen in gleicher Grösse wie beim Schliessen anzuzeigen, nur dann als «sinnvoll» einzustufen sei,

wenn nach wie vor die *gleiche* Karte angezeigt sei. Wenn die Karte in der Zwischenzeit gewechselt wurde, müsste die Legende wieder so erscheinen, dass alle Legendenelemente sichtbar wären. Auch diese Bemerkung ist nur möglich, wenn die Testperson mitgedacht hat und die präsentierte Variante gedanklich noch weiter entwickelt hat.

- o Auch die Konsistenz, in der die Beurteilungsfragen die gleiche Rangfolge innerhalb einer Situation wie die Entscheidungsfragen ergeben haben, spricht für ein sorgfältiges Bearbeiten des Fragebogens.
- Durch die Wahl von schneller erstellten, skizzenartigen Prototypen konnten viele Fragebereiche abgedeckt werden, die Effekte sind zum Teil aber weniger deutlich aufzuzeigen als mit einem lauffähigen Prototyp. Die Beurteilung könnte etwas anders aussehen, wenn sämtliche Situationen mit einem lauffähigen Prototyp umgesetzt worden wären.
- Insbesondere die passive Rolle der Probanden erlaubt nicht die gleich intensive Auseinandersetzung mit dem Thema. Es darf aber davon ausgegangen werden, dass bei den meisten Situationen auch mit einem lauffähigen Prototyp die gleichen Varianten favorisiert worden wären.
- Es wurde deshalb bereits in Kapitel 7.3.1 darauf hingewiesen, dass die Resultate als starke Tendenz zu werten sind. An gleicher Stelle wurde auch gesagt, dass konkretere Hinweise nur durch weitere Prototyping-Schritte möglich sind, mit Vorteil mit einer interaktiven Einbindung der Testpersonen. Ein erster Schritt in diese Richtung wurde durch die Implementierung der Resultate in einen lauffähigen, programmierten Prototyp gemacht. Dieser Prototyp ist im folgenden Kapitel beschrieben.

9 Entwicklung des lauffähigen Prototyps

Die aus den Resultaten gewonnenen Erkenntnisse (Kapitel 8) sollen an einem programmierten Prototyp illustriert werden. Der Prototyp soll eine lauffähige Kartenanwendung sein, der an einem Kartenthema die Wirkungsweise der Legende aufzeigen kann. Die Funktionalität der Legende richtet sich dabei grösstenteils nach den Bedürfnissen, welche in den vorher beschriebenen Evaluationen erhoben wurden.

Zuerst wird das Thema der Karte sowie das Layout des Prototyps kurz erläutert (Abschnitt 9.1). In Kapitel 9.2 und 9.3 werden die für den Prototyp verwendete Technik erwähnt und der technische Aufbau überblicksweise geschildert. In Abschnitt 9.4 werden die im lauffähigen Prototyp implementierten, legendenspezifischen Funktionen ausführlich illustriert und diskutiert.

9.1 Thematischer Inhalt und Layout

Für das Kartenthema wurden acht Bundesinventare von Landschaftsschutzgebieten ausgewählt. Sie sind in untenstehender Tab. 9.1 aufgelistet. Ebenfalls daraus ersichtlich sind die im Prototyp verwendeten Label der acht Kategorien (der Prototyp ist in Englisch gehalten) und die pro Kategorie enthaltene Anzahl Kartenelemente.

Ausgewählte Schutzgebietarten	Label im Prototyp	Anzahl
Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung BLN	<i>BLN landscapes</i>	162
Moorlandschaften von nationaler Bedeutung	<i>Mire landscapes</i>	89
Wichtige Vogelschutzgebiete von internationaler Bedeutung	<i>Important bird areas</i>	30
Wasser- und Zugvogelreservate von nationaler Bedeutung	<i>Waterfowl and migrant birds</i>	28
Nationalpark	<i>National park</i>	2
UNESCO-Weltnaturerbe	<i>UNESCO world natural heritage</i>	2
Biosphärenreservate	<i>Biosphere reserves</i>	2
Eidgenössische Jagdbanngebiete von nationaler Bedeutung	<i>Federal game reserves</i>	41
Total:		356

Tab. 9.1: Visualisierte Schutzgebiete im lauffähigen Prototyp: Art und Anzahl

Aus obiger Tabelle ist ersichtlich, dass total 356 Schutzgebiete als Thema in die Karte aufgenommen wurden, die Karte also ebenso viele thematische Kartenelemente enthält. Es handelt sich dabei ausnahmslos um geschlossene Polygone. Das Thema gliedert sich den Schutzgebietarten entsprechend in acht Kartenebenen.

Zusätzlich zum Thema wurden gewisse Kategorien für die Basiskarte ausgewählt. Neben dem Gewässernetz (Seen und Flüsse) sind dies die Landesgrenze und die wichtigsten Städte. In der Legende sind zusätzlich noch die drei Ebenen Strassen, Eisenbahnlinien sowie Wald aufgeführt. Es handelt sich dabei jedoch um «leere» Ebenen, die keine Kartenelemente enthalten. Sie wurden aufgeführt, damit die Legende der Basiskarte ausführlicher ist und gewisse Wechselwirkungen besser aufgezeigt werden können (vgl. dazu Abb. 9.3 und Abb. 9.4) Untenstehend ist eine Übersicht gegeben über die Kategorien der Basiskarte, die dafür verwendeten Label sowie die Anzahl der Kartenelemente pro Kategorie (Tab. 9.2). Die Reihenfolge richtet sich nach der Ebenen-anordnung im Prototyp. Zusätzlich wurde allen Ebenen der Basiskarte und des Themas ein Relief hinterlegt.

Ausgewählte Kategorien	Label im Prototyp	Anzahl
Städte	<i>Cities</i>	29
Seen	<i>Lakes</i>	32
Flüsse	<i>Rivers</i>	27
Strassen	<i>Roads</i>	-
Eisenbahnlinien	<i>Railway lines</i>	-
Landesgrenze	<i>Boundary</i>	1+3
Wald	<i>Forest</i>	-
Relief	<i>Relief</i>	1
Total:		114

Tab. 9.2: Kategorien der Basiskarte im lauffähigen Prototyp: Art und Anzahl

Bis auf das Biosphärenreservat «Grosses Walsertal» liegen alle Schutzgebiete in der Schweiz. Das Gebiet der Karte deckt deshalb die ganze Schweiz ab und, da die Karte nicht als Inselkarte gestaltet wurde, zusätzlich die benachbarten Grenzgebiete. Die so entstehende Kartenfläche ist rechteckig mit einer realen Ausdehnung von ca. 235 km (Nord-Süd) mal 380 km (West-Ost). Untenstehend ist diese Kartenfläche mit der Schweiz im Zentrum abgebildet, dargestellt ist die gesamte Kartenanwendung, wie sie sich am Bildschirm präsentiert (Abb. 9.1). Vom Thema ist nur die Ebene *BLN landscapes* eingeblendet, alle anderen Themenebenen sowie die Städte sind ausgeblendet; die Legende ist geschlossen und deshalb nicht sichtbar. Unterhalb der Karte sind die nötigen Funktionalitäten zur Verfügung gestellt und mit Nummern versehen (vgl. unten).

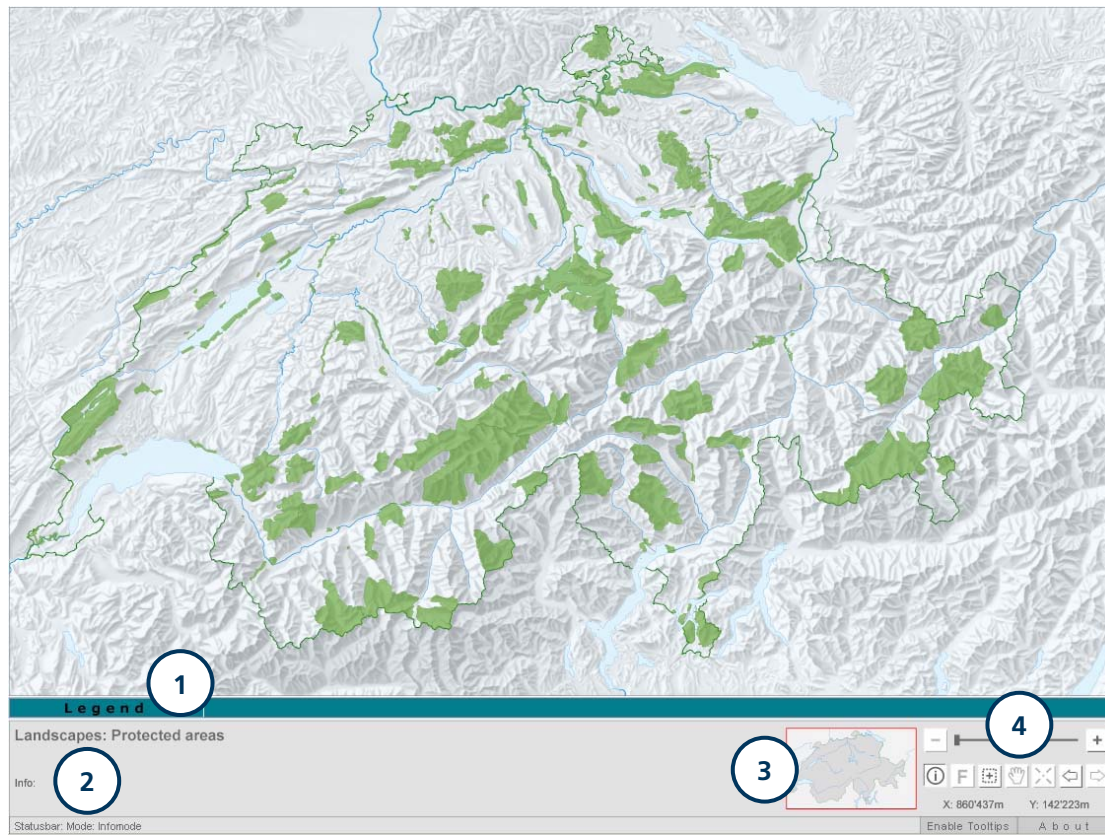


Abb. 9.1: Lauffähiger Prototyp: Übersicht und Anordnung

Die Karte ist gegen unten durch einen breiten, grün-bläulichen Streifen abgeschlossen. Er bildet eine «Reiterleiste» und ist mit einem Reiter versehen: dem Reiter, um die Legende einzublenden (1). Ein Bild der geöffneten Legende ist weiter unten abgebildet (Abb. 9.2).

Für Randangaben und weitere Funktionen, wie z.B. für die Navigation, steht unterhalb der Reiterleiste Platz zur Verfügung. So ist gleich unterhalb des Reiters zur Legende der Kartentitel angebracht. Unter dem Kartentitel befindet sich ein Feld (2), in das Informationen geschrieben werden: Beim Überfahren von Kartenelementen (z.B. eines der Biosphärenreservate) mit der Maus werden die Attributwerte (z.B. Name und Fläche des Reservats) angezeigt.

Im rechten Teil befinden sich die Funktionen zur räumlichen Navigation. Einerseits wird durch eine kleine Referenzkarte (3) die räumliche Orientierung permanent sichergestellt. Andererseits erlauben diverse Buttons (4) das Navigieren in der Karte. Unterhalb des Zoomsliders steht eine Reihe von sieben Buttons zur Verfügung: ein Button für die Vollansicht, einer um ein Zoomrechteck aufzuziehen, einer um in der Karte frei *pannen* zu können, sowie einer um einen neuen Kartenmittelpunkt festzusetzen. Die beiden Buttons ganz rechts sind *Back* und *Forward* Buttons, mit denen zwischen den bereits erfolgten Karteneinstellungen hin und her gesprungen werden kann. Dabei werden

aber nur die räumlichen Einstellungen gespeichert, nicht aber welche Ebenen ein- und ausgeblendet wurden. Der Button ganz links ist defaultmässig eingeschaltet und versetzt das System in den Informations-Modus, in dem die Abfrage von Kartenelementen mit der Maus möglich ist.

Ein Massstab wurde nicht implementiert. Es gibt jedoch zwei Möglichkeiten, die eine Abschätzung von Grössenverhältnissen zulassen: Zum einen werden die Schweizer Landeskoordinaten des Ortes des Mauszeigers permanent unterhalb der Navigationsbuttons (4) angezeigt (X- und Y-Koordinaten). Zum anderen befindet sich in der rechten unteren Ecke des Kartenbildes ein kleines Rechteck, bei dessen Anklicken sich ein Fenster öffnet. In dieses Fenster werden die Dimensionen (Höhe und Breite in Metern) des aktuellen Kartenausschnittes sowie die Nord-, Süd-, West- und Ost-Koordinaten des aktuellen Kartenrandes herausgeschrieben.

Am untersten Rand der Anwendung befindet sich eine Zeile, in die ganz links der Status des Systems geschrieben wird (*Statusbar*). Ganz rechts sind zwei Buttons integriert, die zum einen die *Tooltips* ein- respektive ausschalten und zum anderen das *About*-Fenster öffnen.

9.2 Verwendete Technik

Der lauffähige Prototyp basiert auf zwei verwendeten Technologien:

- SVG, einer Sprache zur Darstellung von Vektorgraphiken, sowie
- ECMAScript (JavaScript), einer clientseitigen Programmiersprache.

SVG (*Scalable Vector Graphics*) ist eine auf den Regeln und Konzepten des Datenformats XML³⁹ basierende Auszeichnungssprache zur Beschreibung von zweidimensionalen Vektorgraphiken im WWW [BILL & ZEHNER 2001]. Der Standard wurde vom World Wide Web Consortium (W3C) abgenommen und erlaubt die Integration von Vektorgraphiken, Bildern und Texten und lässt Interaktionen und Animationen zu [W3C URL 2007]. Die wichtigsten Eigenschaften und Vorzüge von SVG fassen Neumann und Winter [2003] übersichtlich zusammen; sie können dort nachgelesen werden.

JavaScript (JS), unter dem Namen ECMAScript standardisiert, ist eine clientseitige, objektbasierte Programmiersprache und dient dazu, Webseiten mit zusätzlicher Funktionalität auszubauen und dadurch zu optimieren [BILL & ZEHNER 2001]. Graphiken, die mit

³⁹ XML: *eXtensible Markup Language*: ausbaufähige Auszeichnungssprache, die 1998 vom W3C ins Leben gerufen wurde [FIBINGER 2002]. XML stellt Konzepte und Regeln bereit, mit denen eigene Auszeichnungssprachen definiert werden können. Solche Sprachen bestehen aus Elementen, markiert durch Tags, deren Verschachtelungsregeln und aus Attributen mit erlaubten Wertzuweisungen. [SELFHTML URL 2007]

SVG erstellt wurden, sind grundsätzlich statisch. Mittels JavaScript kann aber auf die SVG-Objekte zugegriffen werden, wodurch diese zu Interaktionsobjekten werden (vgl. Kapitel 2.4.1). Dadurch wird es möglich, das an sich statische Kartenbild zu einer interaktiven Karte zu erweitern, bis hin zur Animation.

Die Animation wird jedoch für den hier illustrierten Prototyp nicht gebraucht. Es handelt sich beim programmierten Prototyp nach Kraak'scher Klassifizierung (vgl. Kapitel 2.3.1) um eine Anwendung, die auf einer *statisch interaktiven Karte* beruht. Diese wird durch die Kombination der beiden oben erwähnten Technologien umgesetzt.

9.3 Technischer Aufbau des Prototyps

Die hier gemachten Erläuterungen zum technischen Aufbau und erfolgten Ablauf zur Umsetzung sind auf ein Minimum beschränkt. Für ausführliche Informationen zur Erstellung von SVG-Graphiken sowie zur typischen Gliederung von SVG-Dateien sei auf Fibinger [2002] und die Webseite [CARTO.NET URL 2006] verwiesen.

Die Ausgangsdaten für die im Prototyp verwendeten Graphiken stammen vom AdS 2.0 [2004] und lagen in Form einer «Adobe Illustrator CS2»-Datei vor. Im gleichen Programm wurden die verschiedenen Ebenen graphisch den Bedürfnissen angepasst und vor allem die Dichte der Basiskartenelemente stark verringert. Zum Schluss wurde jede einzelne Ebene als eigene SVG-Datei exportiert. Diese bildeten die Grundlage für alle in Kapitel 9.1 erwähnten Ebenen des Themas und der Basiskarte. Das hinterlegte Relief war ebenfalls Bestandteil der gleichen Illustrator-Datei und wurde daraus heraus als eigene JPG-Graphik bereitgestellt.

Der Prototyp basiert auf einem Beispiel, das auf der Webseite [CARTO.NET URL 2006] unter dem Thema «Navigation Tools for SVG Maps, Version 1.2.4» von Andreas Neumann zur Verfügung gestellt wird. Es besteht aus einer SVG-Hauptdatei *index.svg* sowie sieben Skripts: *button.js*, *checkbox_and_radiobutton.js*, *helper_functions.js*, *mapApp.js*, *navigation.js*, *slider.js* und *timer.js*.⁴⁰ Da das Beispiel einen Nationalpark der USA betrifft, konnten nur die Struktur und Funktionen übernommen werden; sämtliche Graphiken (inkl. Relief) und auch die Anordnung der ganzen Benutzerschnittstelle mussten neu gestaltet und für die Situation in der Schweiz angepasst werden. Die graphische Benutzerschnittstelle, wie sie in Abb. 9.1 gezeigt wird, wurde direkt in die SVG-Hauptdatei geschrieben. In die gleiche Datei wurden die zuvor erstellten SVG-Dateien aller einzelnen Kartenebenen integriert. Dadurch ist eine funktionsfähige Benutzerschnittstelle entstanden, auf deren Basis die Funktionsweise der noch zu programmierenden Legende gezeigt werden kann.

⁴⁰ Alle hier erwähnten Dateien sind ebenfalls auf der beiliegenden Daten-CD (Anhang D) gespeichert.

Bis aber alle legendenspezifischen Verhaltensweisen im Prototyp funktionierten, waren noch diverse Ergänzungen notwendig: So musste die Hälfte der oben erwähnten Skripts angepasst werden. Zu einem späteren Zeitpunkt wurden zwei weitere Skripts von der Webseite [CARTO.NET URL 2006] hinzugefügt (*Window.js*, *colourPicker.js*), die aber beide auch noch angepasst werden mussten. Zudem wurden neun weitere Skripts geschrieben, die die Interaktionen in und mit der Legende sicherstellen: *checkLegStatus.js*, *get_attributes.js*, *highlight.js*, *highlightLayer.js*, *legendBaseMap.js*, *legendBaseMapLC.js*, *legendCenter.js*, *legendFunctions.js* und *legendFunctionsLC.js*. Somit besteht der lauffähige Prototyp aus einer SVG-Hauptdatei, total 18 Skripts sowie zwei JPG-Dateien (Relief für die Karte sowie kleines Relief für die Anzeige in der Legende).

Die neun von der Webseite [CARTO.NET URL 2006] bezogenen Skripts sind dort ausführlichst beschrieben. Die im Zusammenhang mit diesem Prototyp gemachten Ergänzungen und Änderungen sind in den Skripts überall markiert. Auf die Funktionen der neun speziell für diesen Prototyp geschriebenen Skripts wird unten im Rahmen der Diskussion der Legende des Prototyps eingegangen (Kapitel 9.4).

Der so entstandene Prototyp läuft fehlerfrei unter dem Betriebssystem «Microsoft XP (SP2)» mit «Internet Explorer» 6 und 7, in Kombination mit installiertem «Adobe SVG-Viewer 3.0» sowie auch mit dessen Version 6.0. Für eine lesbare Betrachtung sollte eine minimale Auflösung von 1024x768 Pixel eingestellt sein. Mit den Browsern «Opera» und «Firefox» läuft die Anwendung zurzeit leider *nicht* fehlerfrei. Gemäss Peterson [2007] gebrauchten aber Ende 2005 71.6% der Internetnutzer das Betriebssystem Windows XP und 61.5% surfen mit dem Internet Explorer 6 im WWW. Somit hätte bei einer Online-Schaltung des Prototyps ein grosser Teil der Nutzer bereits jetzt keine Probleme.

9.4 Illustration einer interaktiven Legende am lauffähigen Prototyp

In diesem Abschnitt werden verschiedene Funktionsweisen der Legende, wie sie im lauffähigen, programmierten Prototyp umgesetzt wurden, illustriert. Die Art der Umsetzung richtet sich dabei hauptsächlich nach den in Kapitel 8 präsentierten Resultaten, da es sich beim Prototyp um eine Illustration der Resultate wie auch um einen Funktionstest über die Vereinbarkeit der Resultate handeln soll. Trotzdem sind einige zusätzliche Funktionen implementiert, die nicht explizit in den Evaluationen erfragt wurden. Es wird im Text darauf hingewiesen, wenn es sich um solche zusätzliche Funktionen handelt.

9.4.1 Ein- und Ausblenden von Ebenen

Wie bei jeder digitalen Karte üblich wurde vorgegeben, welche Ebenen beim erstmaligen Öffnen sichtbar sein sollen: Die acht Themenebenen sind alle ausgeblendet, die

Karte besteht zu Beginn nur aus den vier Basiskartenebenen Seen, Flüsse, Grenzen und als Hintergrund das Relief. Die Städte sind ebenfalls nicht eingeblendet, da sie nur einen entfernten Bezug zum Thema haben. Die Legende ist zu Beginn nicht sichtbar, sie kann über den Reiter eingeblendet werden (vgl. Abb. 9.1).

Untenstehend ist die geöffnete Legende abgebildet (Abb. 9.2). Links ist sie im Zustand, wie sie sich beim ersten Öffnen präsentiert, rechts wurden bereits zusätzlich fünf Themenebenen eingeblendet. Die Grösse der Legende ist auf das notwendige Minimum reduziert.

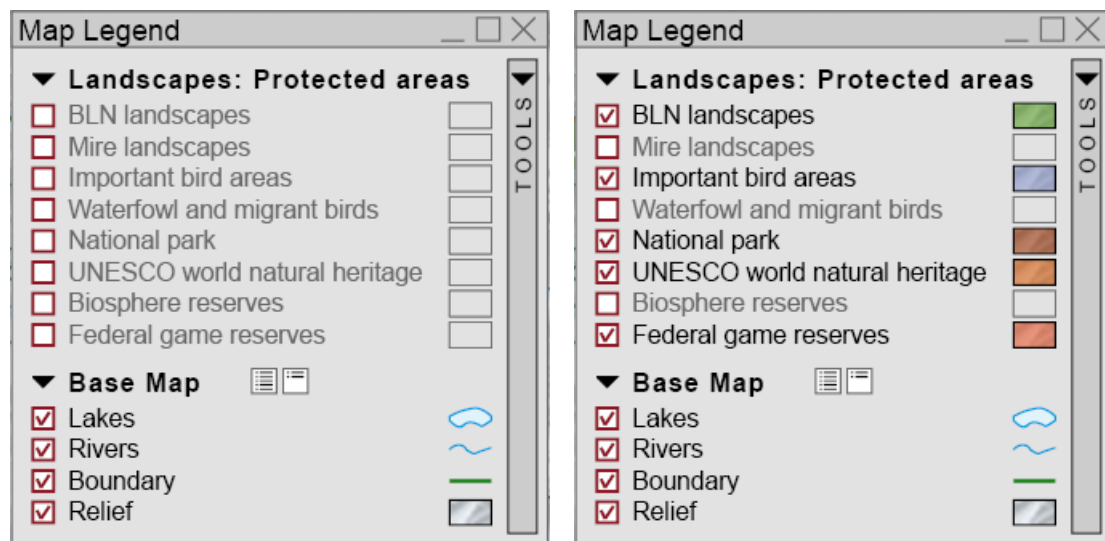


Abb. 9.2: Geöffnete Legende ohne und mit eingeblendeten Themenebenen

Gemäss Umfrage soll bereits die einfache Legende das Ein- und Ausblenden von einzelnen Kategorien resp. Ebenen ermöglichen (vgl. Kapitel 8.2.6, Situation C6). Deshalb wurde die Legende so aufgebaut, dass ganz links die Checkboxes für alle einzelnen Ebenen stehen, daneben das Label der Ebene und rechts das erklärende Legendenkästchen oder die Signatur. Eine Kategorie kann ausschliesslich durch einen Klick auf die Checkbox ein- resp. ausgeblendet werden. Wie es etwa von Bollmann & Koch [2002] vorgeschlagen wird, könnten dafür auch das Label und das Legendenkästchen genutzt werden; diese sind aber in diesem Prototyp mit anderen Funktionen belegt (siehe Kapitel 9.4.4).

Die Legende ist in zwei übereinander liegende Teile gegliedert: Im oberen Teil ist die Themenlegende (mit Titel *Landscapes: Protected areas*), im unteren ist die Legende der Basiskarte (*Base Map*) angeordnet.

Die *Themenlegende* soll – nach Meinung der Probanden – alle Kategorien aufführen, die nicht sichtbaren aber optisch in den Hintergrund treten lassen. Da zu Beginn keine Kategorien sichtbar sind (default), sind demzufolge die Label abgedimmt (Abb. 9.2 links). Allerdings ist es ein Spezialfall, da die Elemente zwar im Kartenausschnitt liegen

würden, aber die Ebenen gar nicht eingeblendet sind. Deshalb werden die erklärenden Farben in diesem Fall ganz weggelassen, die Legendenkästchen bleiben leer.⁴¹ Sobald eine Kategorie eingeblendet wird, erscheint – sofern mindestens ein Element der entsprechenden Kategorie im Kartenausschnitt liegt – die erklärende Farbe im Legendenkästchen (Abb. 9.2 rechts). Wie die Themenlegende reagiert, wenn keines der Elemente im Ausschnitt liegt, wird später geschildert (Kapitel 9.4.2).

Die *Legende der Basiskarte* hingegen erklärt nur diejenigen Kategorien, die im Moment auch im gewählten Kartenausschnitt liegen: Zu Beginn sind dies die vier defaultmässig sichtbaren Ebenen, entsprechend ist die Signatur z.B. für die Städte nicht aufgeführt (Abb. 9.2). Um weitere Basiskartenebenen einzublenden, wurde ein kleiner Button in die Legende integriert (Abb. 9.3; vgl. auch Kapitel 8.2.7, Situation D11). Bei dessen Anklicken vergrößert sich das Legendenfenster und alle verfügbaren Kategorien der Basis-karte sind auswählbar (Abb. 9.4). Auch in der Basiskartenlegende sind für die nicht eingeblendeten Kategorien die Legendenkästchen ohne Farbe (z.B. *Forest*) respektive die Signaturen in schwachem Grau gehalten (z.B. *Cities* oder *Roads*). Beim Einblenden erscheinen diese unmittelbar in der richtigen Farbe, zusätzlich ändert das zuvor abgedimmte Label auf Schwarz.

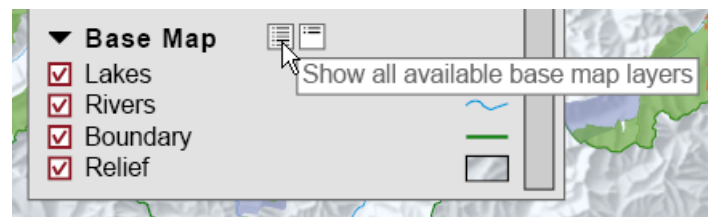


Abb. 9.3: Button für die Auswahl aller möglichen Basiskartenebenen

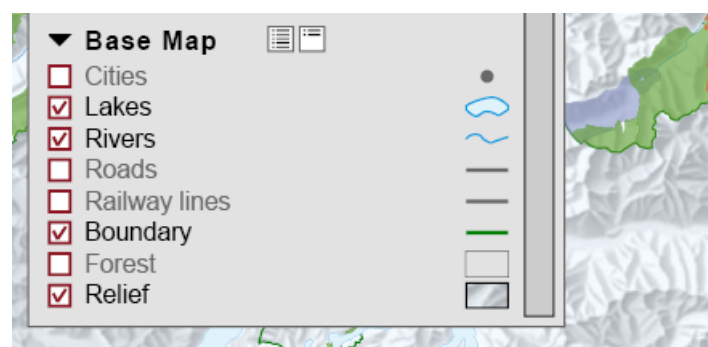


Abb. 9.4: Vollständige Auswahl für die Kategorien der Basiskarte

Ist die Selektion der gewünschten Ebenen erfolgt, kann mit dem zweiten Button gleich rechts daneben die Anzeige in der Legende wieder auf diejenigen Kategorien reduziert

⁴¹ Dieses Verhalten wurde im Rahmen der skizzenartigen Prototypen *nicht* explizit erfragt; es erscheint aber als die logische Konsequenz aus den Beurteilungen anderer Situationen.

werden, die gewählt sind. Dabei verkleinert sich das Legendenfenster automatisch auf das nötige Minimum.

Wird in diesem Zustand (Legende zeigt nur die selektierten Kategorien wie z.B. in Abb. 9.3) eine Ebene ausgeblendet, so verschwindet der Eintrag nicht sofort, sondern bleibt, gleich wie in Abb. 9.4 die nicht selektierten Ebenen, abgedimmt stehen. Diese Umsetzung erfolgte, weil es für den Nutzer oft zweckmässig ist, wenn man eine Ebene kurz aus- und dann gleich wieder einblenden kann (z.B. um andere Elemente besser zu sehen). Würde der Eintrag in der Legende sofort verschwinden, wäre dies nicht möglich. Die abgewählten Ebenen bleiben so lange stehen, bis der Nutzer durch Klicken auf den zweiten Button explizit bestätigt, dass er jetzt nur noch die selektierten angezeigt haben möchte.

Während der Entwicklung des Prototyps wurde damit experimentiert, ob die Funktionen der beiden oben erwähnten Buttons allenfalls in einem einzigen Button zusammengefasst werden könnten, der dann je nachdem die Anzeige der Basiskartenkategorien erweitert oder reduziert. Es hat sich aber gezeigt, dass diese Umsetzungsvariante zwar weniger Platz beansprucht, beim Arbeiten mit der Karte aber spezielle Situationen auftreten können, in denen es mit nur einem Button eine Unklarheit gibt. Diese sei kurz geschildert: Ein Nutzer arbeitet mit der Karte und braucht zu Beginn fünf Basiskartenebenen. Im Verlauf der Arbeit blendet er zwei Ebenen aus. Klickt er nun auf den einen Button, so ist nicht klar, ob er jetzt die Anzeige auf die verbleibenden drei selektierten Ebenen reduzieren möchte oder ob er die Auswahl aller zur Verfügung stehenden Ebenen braucht. Deshalb wurden zwei separate Buttons zur Verfügung gestellt. Um Platz zu sparen, sind sie nicht mit einem Titel versehen, sondern in Form eines Piktogramms gestaltet.

9.4.2 Abfrage des Karteninhalts

Eng mit den im vorherigen Abschnitt 9.4.1 beschriebenen Funktionen hängt die hier erläuterte – und zuvor auch schon erwähnte – Abfrage des Karteninhaltes zusammen. Der Prototyp überprüft nach jedem Verändern des Kartenbildes (Zoomen, Pannen, Ein- und Ausblenden einer Ebene) den aktuell sichtbaren Kartenausschnitt auf das Vorhandensein von Kartenelementen. Wie diese Abfrage technisch umgesetzt wurde, wird weiter unten erklärt.

Auch hier reagiert die Legende der Basiskarte wieder anders als die Themenlegende (vgl. auch Kapitel 8.2.5, Situationen C5, D9 und D10). Kommt von einer Kategorie der *Basiskarte* im aktuellen Kartenausschnitt kein einziges Element vor (z.B. kein See), so entfällt diese Erklärung und der Eintrag wird sofort aus der Legende gelöscht. Sobald ein See – oder ein Teil davon – z.B. durch Pannen wieder im Ausschnitt liegt, wird der Eintrag wieder in die Basiskartenlegende geschrieben. Die Reihenfolge der Ebenen ist dabei

vorgegeben und wird immer eingehalten (die Kategorie *Lakes* wird in der Legende – sofern vorhanden – immer oberhalb der Kategorie *Rivers* und unterhalb der *Cities* erklärt). Fällt eine Kategorie heraus, so rutschen die verbleibenden nach oben, so dass keine Lücken entstehen. Als Beispiel ist in Abb. 9.5 die Legende in einem Augenblick gezeigt, in dem kein See im Kartenausschnitt liegt. Obwohl die Kategorie *Lakes* eigentlich eingeblendet ist, wird sie nicht erklärt, da in der Karte im Moment nirgends ein See vorkommt. Die drei noch sichtbaren Kategorien *Rivers*, *Boundary* und *Relief* sind nach oben verschoben worden und schliessen die Lücke, die durch den Wegfall der Seen entstanden ist.

Wie bereits mehrmals erwähnt, sind von der Themenlegende immer alle Kategorien aufgeführt, unabhängig davon, ob sie ein- oder ausgeblendet sind und auch unabhängig davon, ob sie im aktuellen Kartenausschnitt liegen. In der Situation von Abb. 9.5 sind sieben der acht Themenkategorien eingeblendet, die Kategorie *Mire landscapes* ist für die Darstellung ausgeblendet. Im dazugehörigen Kartenausschnitt sind aber zurzeit nur vier der sieben eingeblendeten Kategorien zu finden: *BLN landscapes*, *Important bird areas*, *UNESCO world natural heritage* sowie *Federal game reserves*. Von den Kategorien *Waterfowl and migrant birds*, *National park* und *Biosphere reserves* liegen keine Elemente im Kartenausschnitt. Die drei letzteren treten deshalb, im Gegensatz zu den vier vorhandenen Kategorien, optisch in den Hintergrund, indem ihr Label abgedimmt und die schwarze Umrandung der Legendenkästchen gelöscht wird.

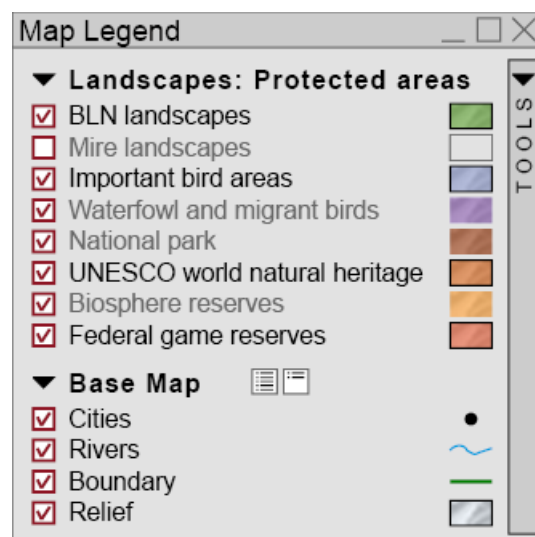


Abb. 9.5: Zustand der Legende nach Abfrage eines aktuellen Kartenausschnitts

Technisch ist diese Abfrage, die nach jedem Zoomen und Pannen erfolgen muss, für die Kategorien des Themas und der Basiskarte gleich und relativ einfach gelöst (vgl. Funktion «checkContent()» im JS-Skript «legendCenter.js» auf der Daten-CD). Dabei wird in allen eingeblendeten Ebenen von jedem dazugehörigen Element dessen *bounding box* (Bbox) – das engst mögliche und parallel zu den Kartenrändern liegende Rechteck,

welches das gesamte Element enthält – abgefragt und geschaut, ob die Bbox entweder vollständig im Kartenausschnitt liegt oder den Rand des Ausschnittes anschneidet. Ist dies bei keinem Kartenelement einer Kategorie der Fall, so wird der Legendeneintrag der entsprechenden Kategorie abgedimmt (Thema) respektive gelöscht (Basiskarte).

Aus dieser technisch einfachen Lösung sind auch sofort die damit verbundenen Einschränkungen ersichtlich. Die Bbox eines Elementes ist definitionsgemäss grösser als das Element selber. Somit kann es vorkommen, dass zwar die Bbox noch in den Kartenausschnitt hineinragt, das Element selber aber ausserhalb liegt und damit nicht sichtbar ist. Dies kommt oft bei länglichen gekrümmten Elementen vor (z.B. bei Flüssen). Je mehr die Elemente einer rechteckigen Form ähneln und je kleiner sie sind, desto geringer ist das Problem.

Es hat sich gezeigt, dass diese Abfragemethode für die Kartenelemente des Themas erstaunlich gut klappt. Das dürfte daran liegen, dass die meisten Schutzgebiete im Verhältnis zur Gesamtfläche relativ klein und kompakt sind. Sehr unterschiedlich wirkt die Methode bei den Elementen der Basiskarte: Für die Städte klappt sie natürlich nahezu perfekt (Punktsignaturen). Auch recht gut funktioniert die Abfrage der Seen. Etwas mehr Probleme könnten die Flüsse machen, aber durch die gegebene Dichte des Flussnetzes liegt meistens ein Teil eines Flusses im Kartenausschnitt.

Für die Landesgrenze ist die Methode jedoch unbrauchbar, da ihre Bbox immer im Kartenausschnitt liegt. Die Abfrage der Landesgrenze wird deshalb *nicht* durchgeführt, ebenso wie es keinen Sinn macht, das Relief abzufragen. Die beiden Kategorien sind also, sofern eingeblendet, immer Bestandteil der Legende. Sind sie aber ausgeblendet, so werden sie wie alle anderen Ebenen der Basiskarte nach Klicken des entsprechenden Buttons (vgl. Kapitel 9.4.1) aus der Legende entfernt.

Das allgemein gute Abschneiden dieser Methode kommt vor allem durch den im Verhältnis zur Gesamtkarte relativ geringen maximal möglichen Zoomfaktor zustande. Je höher der Zoomfaktor ist, desto grösser ist die Chance, dass in den Ausschnitt nur die Bbox, nicht aber das Element selber zu liegen kommt. Damit ist diese Methode nicht für jede Kartenanwendung geeignet.

Zudem wird die Methode schnell rechenintensiv, je mehr abzufragende Elemente die Karte enthält. Im Prototyp werden jedes Mal maximal 465 Elemente abgefragt (vgl. Kapitel 9.1).⁴² Diese Anzahl ist ohne grosse Verzögerungen zu bewältigen, bei umfangreicheren Karten erhöht sich die Zahl der Elemente aber rasch um ein Vielfaches.

⁴² Die Menge variiert je nach Anzahl eingeblendeter Ebenen. Werden alle gleichzeitig eingeblendet, sind es 465 Elemente. Für die 27 Flüsse müssen 48 Elemente abgefragt werden, da längere Flüsse in mehrere Abschnitte aufgeteilt sind.

9.4.3 Grössenanpassung der Legende

Bei den oben beschriebenen Anpassungen der Legende ändert sich die Anzahl der darzustellenden Kategorien in Abhängigkeit vom aktuellen Karteninhalt. Diese Anpassung erfolgt automatisch und kann vom Nutzer nicht direkt beeinflusst werden (vgl. auch Kapitel 8.2.4.1, Situation C4). In der Evaluation hatten die Probanden die automatische und manuelle Grössenanpassung gleich gut beurteilt, die manuelle Anpassung bei der Entscheidungsfrage leicht favorisiert. Das manuelle Anpassen der Fenstergrösse ist aber in SVG sehr aufwendig umzusetzen, weshalb es automatisiert wurde.

Diese automatische Variante wurde nicht ohne Bedenken entwickelt, da befürchtet wurde, dass die Grössenanpassung nach jedem Zoomen oder Pannen das Gesamtbild der Kartenanwendung unruhig erscheinen lässt und deshalb ungeeignet ist. Beim nachherigen Gebrauch des Prototyps hat sich aber gezeigt, dass dem nicht so ist, weil beim Zoomen oder Pannen sowieso der gesamte Karteninhalt wechselt und dadurch die Grössenanpassung der Legende optisch nicht auffällt.

Die Grösse des Legendenfensters wird dabei immer auf das notwendige Minimum beschränkt (vgl. Kapitel 8.2.4.3, Situation D3). Ist es für die Bedürfnisse des Nutzers dennoch zu gross – bei ausführlicherer Basiskarte und einem anderen Thema braucht die Legende schnell mehr Platz als im Prototyp illustriert – besteht die Möglichkeit, die Grösse zu verringern. Links neben der Überschrift zur Themenlegende respektive zur Basiskartenlegende steht ein kleines Dreieck-Piktogramm, bei dessen Anklicken die Legende zum Thema bzw. zur Basiskarte eingeklappt wird. Die Grösse des Fensters verkleinert sich dabei sofort. Durch erneutes Klicken wird die eingeklappte Teillegende wieder sichtbar. Unten ist die Legende links mit eingeklappter Basiskartenerklärung, rechts mit eingeklappter Themenlegende abgebildet, der Mauszeiger steht dabei noch auf der Schaltfläche zum Einklappen (Abb. 9.6). Bei der eingeklappten Basiskartenlegende (links) fallen gleichzeitig die zuvor in Abb. 9.3 geschilderten Buttons zur Steuerung der Anzeige der Basiskartenebenen weg.

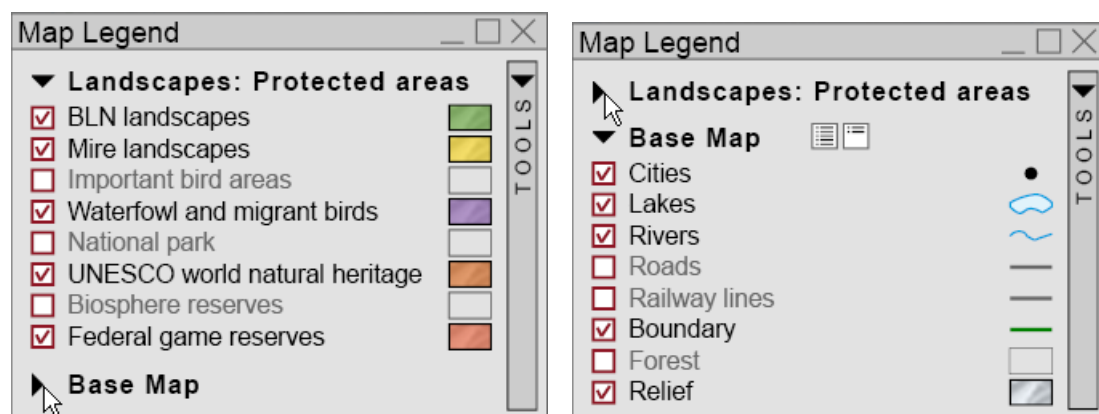


Abb. 9.6: Legende mit eingeklappter Basiskartenlegende (li) respektive Themenlegende (re)

Die Grösse der Legende kann dadurch beträchtlich verringert werden. Dies ist auch deshalb sinnvoll, weil beim Arbeiten mit der Karte die Einstellungen an den Basiskartenebenen eher selten gewechselt werden. Andererseits kann auch das Thema einfach eingeklappt werden, insbesondere bei der Bearbeitung einer umfangreichen Basiskarte.

Die Eigenschaften Grösse und Position der Legende werden beim Ausblenden des Legendenfensters gespeichert. Dadurch erscheint das Fenster beim erneuten Öffnen am gleichen Ort und in gleicher Grösse wie vor dem Schliessen vom Nutzer eingestellt (vgl. dazu Kapitel 8.2.3, Situation D1 und Kapitel 8.2.4.2, Situation D2).

9.4.4 Bidirektionales Hervorheben in Karte und Legende

Die in Kapitel 9.4.2 beschriebene Abfrage des Karteninhalts erleichtert das Lesen einer Karte mit langer Legende bereits enorm, da der Nutzer sofort erkennen kann, welche der Themenkategorien überhaupt im zugehörigen Kartenausschnitt vorkommen. Dennoch kann es sein, dass gewisse Elemente in der Karte kaum zu finden sind, da sie z.B. sehr klein sind oder durch andere Elemente (teilweise) verdeckt werden. Oder es kann auch sein, dass zwei Elemente unterschiedlicher Kategorien im Ausschnitt liegen, deren Farben sehr ähnlich und damit nicht eindeutig unterscheidbar sind. Für die eindeutige Identifizierung sind folglich noch weitere Schritte nötig.

Die Idee für *eine* mögliche Lösung ist nicht neu (auch Huber & Schmid [2003] hatten sie bereits vorgestellt), aber sehr effizient und deshalb empfehlenswert: das bidirektionale Hervorheben von Legendenkategorie und zugehörigen Kartenelementen. Beim Überfahren eines Kartenelementes wird die entsprechende Kategorie in der Karte hervorgehoben, und durch den Legendeneintrag können die zur Kategorie gehörenden Kartenelemente kenntlich gemacht werden. Für beide Varianten gibt es verschiedene Umsetzungsarten.

Im Prototyp wurde die erste Art (Hervorheben des Legendeneintrages) so umgesetzt, dass – sofern die Anwendung im «Infomodus» ist – jedes Element des Themas den Legendeneintrag bereits beim Überfahren mit der Maus hervorhebt. Abb. 9.7 zeigt dies anhand eines Elementes der Kategorie *Biosphere reserves*. Der Mauszeiger (Kreuz) steht über dem Kartenelement, zugleich wird die Kategorie in der Legende mit fetter Schrift und einer roten Umrandung des Legendenkästchens hervorgehoben. Zusätzlich wird gleichzeitig das erklärte Element in der Karte ebenfalls durch eine rote Umrandung hervorgehoben, damit die Zuordnung sicher gewährleistet ist. Selbstverständlich gibt es viele Varianten, die Hervorhebung zu gestalten, der Prototyp soll nur das Prinzip illustrieren. Ebenfalls ist es denkbar, dass die Hervorhebung nicht sofort beim Überfahren in der Karte geschieht, sondern erst nach einer «Aktivierung», z.B. einem Klick auf das Kartenelement oder einen Button.

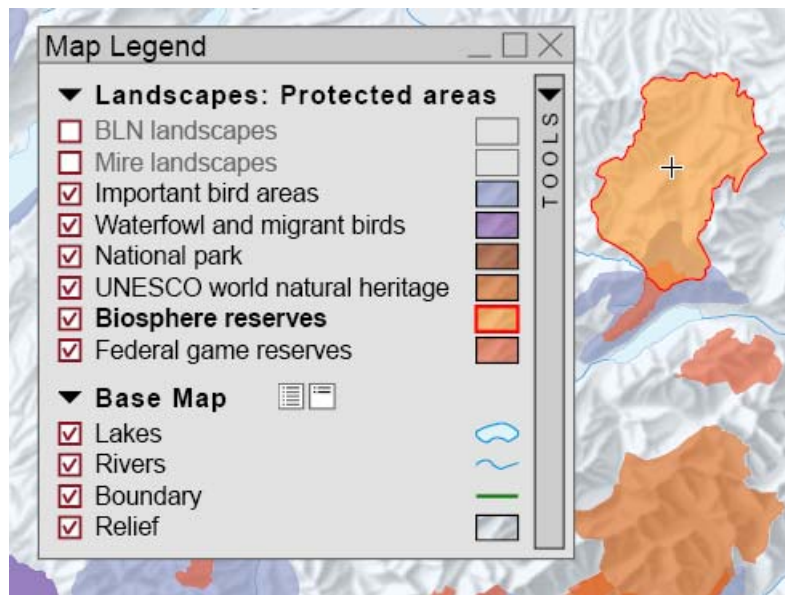


Abb. 9.7: Bidirektionale Abfrage 1: Hervorheben der Legendenkategorie

Die zweite Art (Hervorheben der Kartenelemente) ist mit Abb. 9.8 illustriert. Links ist die Legende mit einem Ausschnitt aus der Karte abgebildet, ohne dass etwas hervorgehoben ist. Sofort ist ersichtlich, dass Elemente der Kategorie *Waterfowl and migrant birds* im Kartenausschnitt liegen müssen (vgl. Kapitel 9.4.2); die Positionen der Gebiete in der Karte sind aber zum Teil nur schwer auszumachen. Ein Klick auf das Label oder das Legendenkästchen hebt alle zur Kategorie gehörenden Kartenelemente hervor, indem ihre Umrandung verdickt und rot eingefärbt wird (Abb. 9.8 rechts). Gleichzeitig wird auch der selektierte Legendeneintrag hervorgehoben.



Abb. 9.8: Bidirektionale Abfrage 2: Hervorheben der Kartenelemente

Bis zum nächsten Klick auf das Label oder Legendenkästchen bleibt die Selektion bestehen. Sie kann jederzeit – nicht nur im «Infomodus» – erfolgen, weshalb es möglich ist, während der Hervorhebung z.B. zu pannen. Dadurch können auch kleinste Gebiete in einem neuen Kartenausschnitt sofort optisch geortet werden. Erfolgt ein Klick direkt auf eine andere Kategorie des Themas, so wird die zuvor gewählte Kategorie deselektiert und die neue Kategorie hervorgehoben. Eine Kategorie, die im Augenblick nicht im

Kartenausschnitt liegt, kann ebenfalls markiert werden. Währenddem eine Kategorie selektiert ist, ist das gleichzeitige Hervorheben eines Kartenelements wie in Abb. 9.7 illustriert *nicht* möglich.

Der Prototyp illustriert auch hier nur das Prinzip. Es wurde nur für die Kategorien des Themas implementiert, nicht aber für die Basiskartenelemente, würde aber dort in genau gleicher Weise funktionieren. Optisch und technisch kann das Hervorheben selbstverständlich auf diverse Arten umgesetzt werden. So wäre es auch möglich, beim Selektieren einer Legendenkategorie alle anderen Kategorien in der Karte auszublenden und die selektierte Kategorie dadurch herauszuheben. Im hier besprochenen Prototyp könnte damit der Legendeneintrag einer Kategorie *gleichzeitig* folgende drei Funktionen übernehmen:

- Hervorheben der Kartenelemente wie oben beschrieben mit einem Klick auf das *Legendenkästchen* (Abb. 9.8 rechts);
- Hervorheben der Kartenelemente durch Ausblenden aller anderen Themenelemente mit einem Klick auf das *Label*;
- Ein- und Ausblenden der Kategorie mit einem Klick auf die *Checkbox*.

9.4.5 Informationsabfrage und –anzeige

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Methoden zur eindeutigen Zuweisung von Kartenelementen zur Kategorie ist es möglich, diese visuelle Unterscheidung mit einer direkten (und ebenfalls eindeutigen) Informationsabfrage zu kombinieren. Die Idee dabei ist, dass beim Überfahren oder Anklicken eines Kartenelementes Informationen zu diesem Element in Textform zur Verfügung gestellt werden. Solche Hinweise beschränken sich nicht nur auf die Angabe der zugehörigen Kategorie, sondern können beliebig mit Attributen wie Länge, Höhe über Meer oder anderen Eigenschaften ergänzt werden.

Im Prototyp funktioniert die Informationsanzeige für alle Themenebenen sowie für die Kategorien *Cities*, *Lakes* und *Rivers* der Basiskarte. Die abrufbaren Attribute ändern dabei von Kategorie zu Kategorie. Im Falle der Ebene *Biosphere reserves* werden die Kategorie, der Name des Schutzgebietes sowie dessen Fläche in Hektaren herausgeschrieben (Abb. 9.9). Die Angaben erscheinen dabei nicht im Legendenfenster, sondern im permanent sichtbaren Informationsfeld links unterhalb des Kartentitels (vgl. auch Abb. 9.1).



Abb. 9.9: Angabe von Attributen im Informationsfeld

Durch diese textbasierten Angaben können auch Informationen, die sich nicht oder nur schwer visualisieren lassen, zur Verfügung gestellt werden und ergänzen dadurch die visualisierten Daten ideal. Es hat sich während der Entwicklungsphase gezeigt, dass es für den Kartennutzer erleichternd ist, wenn bei der textbasierten Informationsangabe gleichzeitig das zugehörige Kartenelement deutlich hervorgehoben wird (z.B. durch Farbänderung, Vergrössern, Blinken oder eine Kombination davon). Gerade bei nahe beieinander liegenden Elementen ist es sonst für den Nutzer schwierig zu erkennen, zu welchem Element die Information gehört. Auch bei sehr kleinen oder dünnen Elementen wird es dadurch einfacher zu erkennen, wann der Mauszeiger sich effektiv über dem Element befindet. Dies gilt gleichermassen für die Kartenelemente des Themas wie der Basiskarte.

Dieses Verhalten wird empfohlen, wurde jedoch *nicht* in die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten skizzenartigen Prototypen eingebaut und damit nicht durch die Probanden beurteilt.

9.4.6 Das «Legend Center» im Prototyp

Gemäss den Umfragen soll sich die Legende auf die Funktionen Zeichenerklärung und Ein-/Ausblenden der Ebenen wie oben beschrieben beschränken, erweiterte Funktionen wie z.B. die Farbgebung sind bevorzugt davon zu trennen (vgl. Kapitel 8.2.6, 8.2.8 und 8.2.9).

Im Prototyp ist das *Legend Center* stufenweise über den Button *Tools* rechts der Zeichenerklärung in der Legende erreichbar (vgl. z.B. Abb. 9.7). Beim Klicken desselben vergrössert sich das Legendenfenster und wird zum *Legend Center* erweitert. Technisch gesehen wird das Legendenfenster ausgeblendet und ein neues, grösseres Fenster wird eingeblendet. Dieses enthält links die genau gleiche Legende als Zeichenerklärung mit denselben smarten Funktionen wie vorhergehend beschrieben, rechts davon stehen die weiteren Funktionen zur Verfügung (Abb. 9.10).

Im Prototyp wurden folgende lauffähigen Funktionen implementiert: individuelle Farbgebung (*Hue*, *Saturation*, *Value* und *Transparency*), Anpassung der Form (*Shape*) und Grösse (*Size*) sowie eine Erweiterung für statistische Informationen (*Diagrams*). Sie sind in Abb. 9.10 allesamt abgedimmt in Grau gehalten, da sie erst im Zusammenhang mit

einer Selektion zur Verfügung stehen. Vergleiche dazu die folgenden weiterführenden Informationen sowie Abb. 9.11. Die Option *Arrows* ist nicht funktionsfähig und ist lediglich illustrativ als potentielle weitere Anpassungsmöglichkeit integriert.

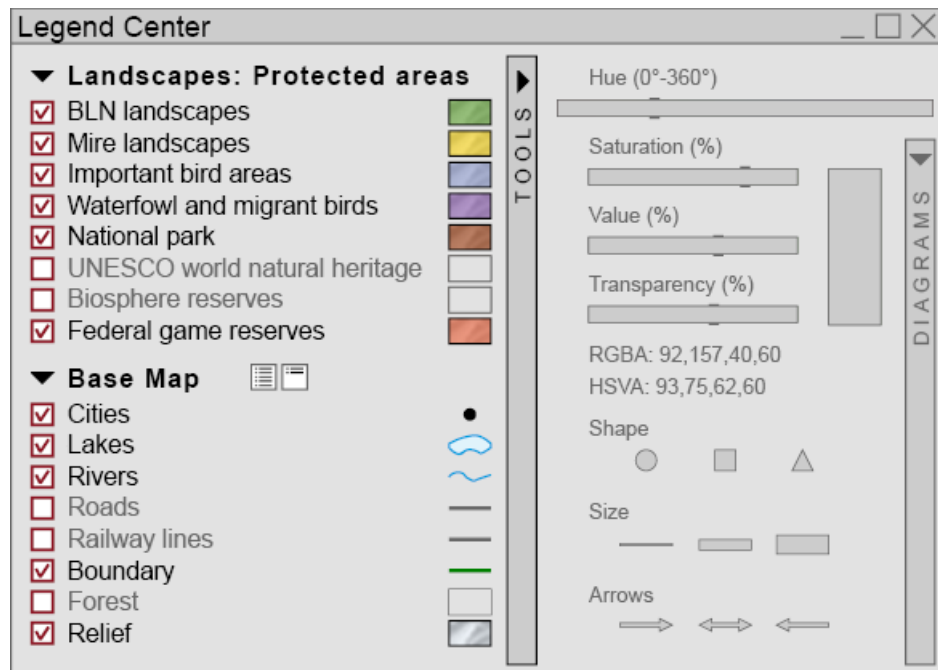


Abb. 9.10: Legend Center, alle Optionen inaktiv

Sobald eine Kategorie selektiert wird, stehen diejenigen Optionen zur Verfügung, die für die ausgewählte Kategorie anwendbar sind (vgl. Kapitel 8.2.10, Situation D7). In Abb. 9.11 wurde die Ebene *BLN landscapes* selektiert, entsprechend sind die Optionen zur Farbgebung aktiv. Alle zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten werden optisch erkennbar gestaltet: Die Überschriften (z.B. *Transparency*) wechseln ihre Farbe von Grau auf Schwarz, die *Slider* werden farbig. Dabei wird zuerst der aktuelle Farbwert der selektierten Kategorie ausgelesen und die *Slider* entsprechend positioniert. Im Rechteck rechts der *Slider* wird die Farbe beispielhaft dargestellt. Ebenfalls werden unterhalb der *Slider* die aktuellen Farbwerte (RGBA und HSVA) in Textform angegeben.

Ebenfalls ist der Button *Diagrams* aktiv und deshalb schwarz beschriftet. Bei dessen Anklicken vergrößert sich das *Legend Center* wiederum gegen rechts (nicht in der Abbildung dargestellt). Darin ist ein Diagramm zur Größenverteilung der ausgewählten Schutzgebiete abgebildet. Das Diagramm ist im Prototyp als passives Bild implementiert, könnte aber ebenfalls interaktiv umgesetzt werden (z.B. Hervorheben des in der Karte selektierten Elements oder Anpassung der Farbgebung für alle oder nur einzelne Elemente auch im Diagramm).

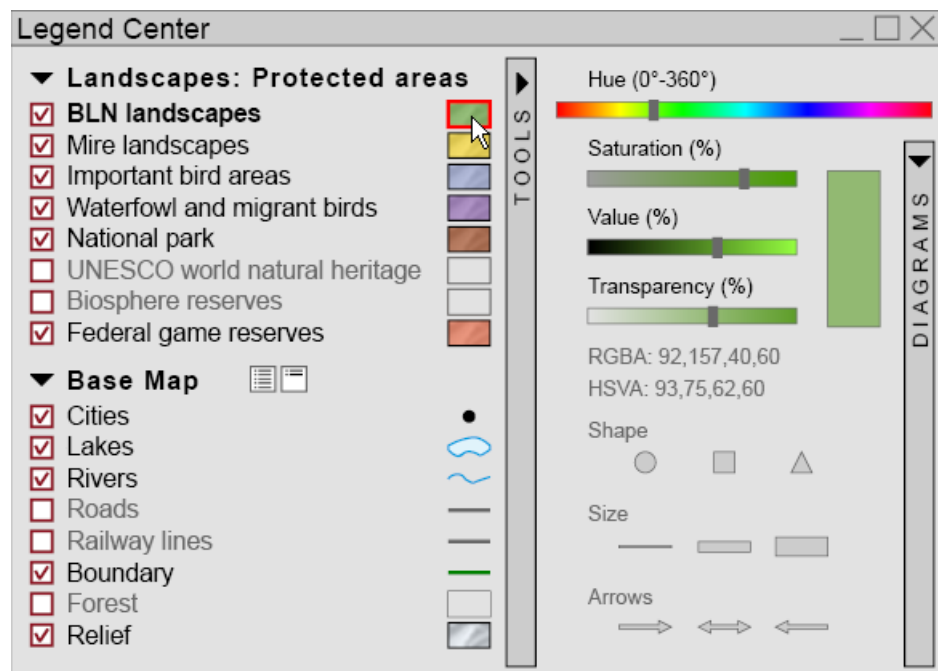
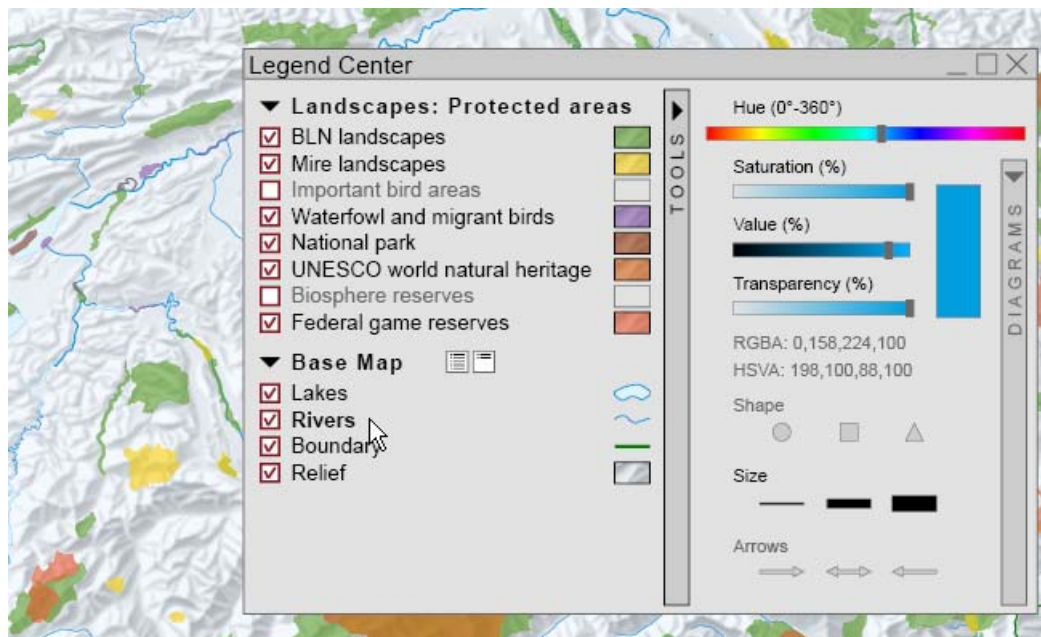


Abb. 9.11: Legend Center, verfügbare Optionen aktiv

Alle inaktiven Optionen bleiben abgedimmt, für die in Abb. 9.11 dargestellte Selektion z.B. die Option *Shape*, da sich diese in der umgesetzten Art nur für Punktsymbole anbietet. Wird jedoch anstatt *BLN landscapes* die Kategorie *Cities* selektiert, so sind neben der Farbwahl auch die Optionen *Shape* und *Size* aktiv. Entsprechend kann die Signatur für die Städte von einem Kreis in ein Quadrat oder ein Dreieck geändert werden (*Shape*).

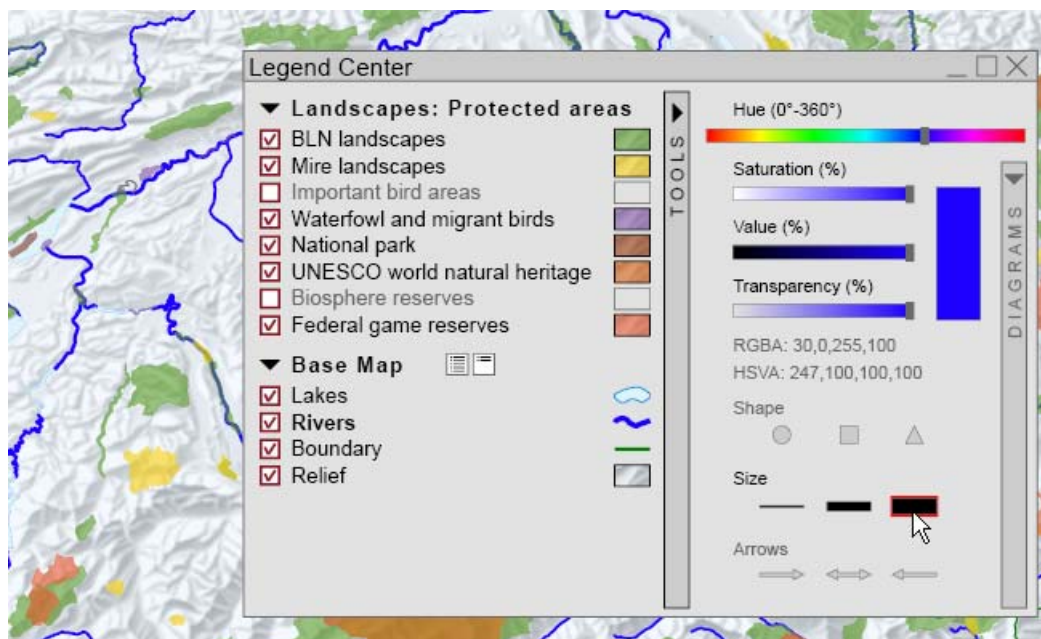
Für die Grössenanpassung (*Size*) stehen drei nebeneinander liegende Schaltflächen zur Verfügung. Bei jedem Klick auf die linke verkleinert sich die Signatur um einen gewissen Faktor, mit jedem Klick auf die rechte vergrößert sie sich. Der Klick auf die mittlere stellt die Ausgangsgrösse wieder her. Diese Umsetzungsart ist während der Entwicklungsphase «historisch gewachsen». Besser wäre es, die Grössenanpassung ebenfalls mit einem Slider umzusetzen, da dann durch die Position des *Sliders* jederzeit die aktuelle Grösse ersichtlich ist. Für alle Grössenanpassungen ist aber auch bei der hier umgesetzten Variante gegen oben sowie gegen unten ein Limit gesetzt.

Für linienartige Elemente (im Prototyp *Rivers* und *Boundary*) wird mit der Option *Size* die Strichstärke verändert. Im Folgenden ist dieses Verfahren mit zwei Abbildungen beschrieben. In Abb. 9.12 ist die Kategorie *Rivers* selektiert: Die vier Farboptionen sowie die Option *Size* werden deshalb aktiv, die *Slider* für die Farbeinstellungen übernehmen die aktuelle Farbe der Flüsse in der Karte. Diese werden dabei *nicht* hervorgehoben, da die Funktion des bidirektionalen Hervorhebens, wie früher erwähnt, nur für die Kategorien des Themas umgesetzt wurde (Kapitel 9.4.4).

Abb. 9.12: Legend Center, *Rivers* selektiert

In Abb. 9.13 ist die Situation dargestellt, nachdem das Blau der Flüsse leicht abgedunkelt und die Strichstärke durch mehrmaliges Klicken auf den entsprechenden Button (vgl. Position des Mauszeigers) erhöht wurde. Die Flüsse sind dadurch in der Karte wesentlich schneller zu erkennen.

Ferner ist in Abb. 9.13 zu sehen, wie die Legendensignatur der Flüsse die Farbe und Strichstärke ebenfalls angepasst hat. Vergleiche für ausführlichere Informationen dazu auch das nächste Kapitel 9.4.7.

Abb. 9.13: Legend Center, *Rivers*: Farbe und Strichstärke verändert

9.4.7 Anpassungen in der Karte und der Zeichenerklärung

Alle oben beschriebenen Anpassungen von Farbe, Form, Grösse und Strichstärke erfolgen unmittelbar nach einer Manipulation an allen Kartenelementen der ausgewählten Kategorie, im Gegensatz zu vielen Kartenanwendungen ohne Klicken eines «Karte neu zeichnen»-Buttons. Dadurch sieht der Nutzer sofort, wie seine neu gestaltete Karte als Gesamtdarstellung wirkt, und auch, ob die durchgeführten Änderungen die erwünschten Effekte hervorgerufen haben.

Gleichzeitig passt sich aber auch die erklärende Signatur in der Legende an. Die Legendenkästchen reagieren sofort auf die neue Farbe, ebenso wird die Transparenz in gleichem Masse wie in der Karte geändert. Dies ist deshalb besonders sinnvoll, weil in den Kästchen der erklärenden Farbe ein kleines Relief hinterlegt ist. Auf diese Weise wirkt die Farbe dem Erscheinungsbild in der Karte immer möglichst ähnlich, was wiederum die Zuordnung erleichtert. Wird das Relief ausgeblendet, so werden auch die kleinen Reliefs in den Legendenkästchen ausgeblendet, so dass die Farbwirkung weiterhin optimal übereinstimmt.

In der Karte kommt es häufig vor, dass sich Themenelemente überschneiden und dadurch – bei Transparenzen – Mischfarben entstehen. Auf diese Weise entstehende Farben sind nur schwer den richtigen Kategorien zuzuordnen. Es wäre im Prinzip möglich, solche Mischfarben ebenfalls in die Legende aufzunehmen. Davon wird jedoch abgeraten, da mit der grossen Anzahl potentieller Mischfarben die Darstellung schnell einmal unübersichtlich wird. Zudem hat der Nutzer jederzeit die Möglichkeit, entweder durch Ausblenden betroffener Kategorien oder durch direkte Informationsabfrage, wie in Kapitel 9.4.5 beschrieben, Klarheit zu schaffen.

In gleicher Weise wie bei der Farbanpassung werden in der Legende auch die Punktsignaturen in Grösse und Form sowie die Strichstärken mit verändert. Dass dies bei einer Änderung der Form – z.B. von einem Kreis zu einem Dreieck – geschieht, ist unabdingbar, da sonst die Zeichenerklärung nicht mehr mit dem Bild in der Karte übereinstimmt. Die Anpassung der Grösse und der Strichstärke dienen hingegen wieder dem schnelleren Erkennen und Zuweisen von Kartenelementen zur Kategorie (vgl. auch Abb. 9.13).

10 Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Zeitalter der Digitalisierung sind auch in der Kartographie neue Möglichkeiten entstanden. Insbesondere die verbesserte Computergraphik und die Interaktivität ermöglichen heute Visualisierungen, die auch hohen kartographischen Ansprüchen genügen. Die Kartenlegende hat sich aber offenbar nicht in der gleichen Geschwindigkeit weiterentwickelt und hinkt dem neusten Stand der Technik hinterher.

Das Resultat sind allzu oft Legenden, die zur Erklärung der Zeichen nur schwer genutzt werden können und damit nicht den Schlüssel zur Karte bieten. Ein Mehrwert gegenüber Papierlegenden ist nur selten feststellbar, im Gegenteil, die Papierlegende erlaubt oft ein zuverlässigeres Interpretieren der Karte. Zwar hätte die digitale Legende das Potential, sich interaktiver Techniken zu bedienen, es wurde bis anhin aber wenig geforscht, welche Techniken und Funktionen zur Integrierung in die Legende geeignet sind.

Das Ziel der Arbeit war es, verschiedene nutzerzentrierte Interaktionen zu erarbeiten und zu illustrieren, die Wege aufzeigen, auf welche Weise Interaktionen in einer Legende genutzt werden können, sodass auch die digitale Legende einen Mehrwert gegenüber der Papierlegende erreicht.

Dabei sollten potentielle Nutzer in den Entwicklungsprozess miteinbezogen werden, sodass Rückschlüsse über die Bedürfnisse der Nutzer gemacht und die Erkenntnisse in geeigneter Weise berücksichtigt werden können. Dies soll helfen, künftige Legenden benutzergerechter zu konzipieren.

Und schliesslich sollte die Arbeit eine Grundlage schaffen, auf der aufbauend weitere Diskussionen zur Verbesserung der Legende geführt werden. Sie wollte zeigen, dass mit verhältnismässig einfachen Mitteln diesem Entwicklungsdefizit begegnet werden kann, da die dafür notwendige Technik anderweitig seit langem genutzt wird.

10.1 Schlussfolgerungen

Es hat sich gezeigt, dass das Prinzip der nutzerzentrierten Entwicklung Erfolg versprechend ist und brauchbare Ergebnisse liefert, selbst wenn für diesen Schritt erst skizzenartige Prototypen eingesetzt werden. Die Erstellung solcher Prototypen ist einfach und es lassen sich schnell auch Varianten skizzieren, die bei einer programmierten Umset-

zung viele Ressourcen verbrauchen würden. Sie liefern auf diese Weise zwar oft keine konkreten Hinweise für die Details, dafür sehr effizient Informationen zu den Bedürfnissen in verschiedensten Stossrichtungen.

Es ist gelungen, nutzerzentrierte Interaktionen in die Legende zu integrieren, die dem Anwender eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Karteninhalt sowie die Transkription der kartographischen Zeichensprache in unsere Umgangs- und Gedankensprache erleichtern. Die entwickelte Legende ist übersichtlich gestaltet und erlaubt eine schnelle und sichere Informationsaufnahme.

Mit den vielen illustrierten Beispielen bestehender und potentieller Legenden konnten einerseits Probleme bestehender digitaler Legenden in aller Deutlichkeit aufgezeigt, andererseits aber auch diverse konkrete Verbesserungsvorschläge präsentiert werden. Sie regen an, auf die Probleme bei digitalen Legenden einzugehen und nach Optimierungen zu suchen. Die Arbeit bietet eine solide Basis, um aufbauend auf den hier geschilderten Erkenntnissen neue, bessere Methoden zu entwickeln.

Ebenfalls konnte gezeigt werden, wie die Legende erweiterte optionale Funktionen übernehmen könnte, ohne dabei dem Nutzer die einfache und bekannte Art der Legende zu unterschlagen. Das hier demonstrierte Prinzip kann sehr weit individuellen Bedürfnissen angepasst, erweitert oder auch reduziert werden und erlaubt dadurch einen grossen Spielraum.

Aus den durchgeführten Evaluationen lässt sich schliessen, dass die Nutzer an einer Verbesserung der Legende interessiert sind. Offensichtlich wurde das Potential erkannt, das die Kombination system- und nutzergesteuerter Interaktionen mit sich bringt. Oft haben dabei diejenigen Varianten bei den Probanden am besten abgeschnitten, die eine Lösung demonstrieren, wie sie in der Praxis nur in Ausnahmefällen zu finden ist.

Die Nutzer sehen die Legende als ein Bedienelement, das sich zugunsten von mehr Kartenfläche ausblenden lässt, verschiebbar ist und sich in der Grösse dem Inhalt anpasst, wobei sich die Grösse auf das notwendige Minimum reduziert. Darin werden die Kategorien des *Themas* zwar *alle* angezeigt, aber diejenigen, die tatsächlich im aktuellen Kartenausschnitt sichtbar sind, sind optisch unterscheidbar von denjenigen, die im Moment *nicht* im Kartenausschnitt liegen. Von den Kategorien der *Basiskarte* werden die im Augenblick im Ausschnitt *nicht* sichtbaren Kategorien aus der Legende *ausgeblendet*.

Auf Verlangen soll die Legende aber auch erweiterbar sein. Dabei sollen Farbwahl und Symbolisierungsoptionen ermöglicht werden. Zudem sollen verschiedene Legendentypen zur Verfügung stehen und statistische Informationen zu den visualisierten Daten verfügbar sein. Die Nutzer sind gegenüber Erweiterungen verschiedenster Art sehr offen

eingestellt und begrüßen Funktionen, die ein vertieftes Auseinandersetzen mit dem Karteninhalt zulassen.

Als sehr sinnvoll werden alle Reaktionen des Systems beurteilt, die den Nutzer bei der Bedienung der Karte unterstützen oder führen, bei der einfach gehaltenen Legende wie auch in einer erweiterten Form.

Trotz aller smarten Möglichkeiten sollte darauf geachtet werden, dass es die Karte ist, die im Zentrum stehen soll, und nicht die technischen Features.

10.2 Ausblick

Selbstverständlich kann die Arbeit die Fragestellungen nicht abschliessend beantworten. Um detailliertere Aussagen machen zu können, wäre ein Usability-Testing angebracht, bei dem Probanden mit dem *lauffähigen* Prototyp arbeiten. Dies könnte im Rahmen einer Versuchsanordnung im Labor geschehen, in welcher ein Proband durch Aufgabenstellungen durch den Prototyp geleitet wird. Durch gleichzeitiges Erfassen der Maus- und Augenbewegungen könnten Aussagen darüber gemacht werden, wie intuitiv und nutzerfreundlich die Umsetzung im Allgemeinen ist. Ebenfalls können sehr exakt konkrete Schwachstellen festgestellt werden. Durch Aufgabenstellungen mit paralleler Zeitmessung könnten Aussagen – auch statistischer Art – zur Geschwindigkeit und Sicherheit von Informationsabfragen gemacht werden. Die gleichen Aufgaben liessen sich mit einer Papierlegende sowie einer herkömmlichen digitalen Legende lösen, wodurch ein Vergleich der drei Systeme hinsichtlich Effizienz der Lösung gestellter Aufgaben möglich würde.

Auch vertiefende Nachforschungen durch das Weiterarbeiten mit *skizzenartigen* Prototypen sind denkbar. Mit Vorteil würde jetzt aber auf eine im Einzelinterview geführte Methode gewechselt, wodurch ebenfalls sehr effizient Schwachstellen in Funktionsabläufen aufgedeckt werden können. Zudem könnten auf diesem Weg vermehrt auch Ideen der Probanden berücksichtigt werden. Es ist durchaus möglich, dass sich durch solche Interviews weitere wertvolle – und in dieser Arbeit nicht vorgestellte – Legendeninhalte und Funktionen herauskristallisieren.

Für verallgemeinerbare Aussagen müssten die Probandengruppen erweitert werden, indem auch andere Altersgruppen und Probanden unterschiedlicher geographischer und sozialer Herkunft miteinbezogen würden. Sinnvoll wäre es ebenfalls, einzelne Interviews mit Experten zu führen, wodurch neue Ideen auch von Seite anderer Fachleute einfließen dürften.

Im Zusammenhang mit der *Smart Legend* wurde die Idee der Legende als anfänglich leerer Behälter vorgestellt, der durch den Nutzer seinen Bedürfnissen entsprechend mit Inhalt versehen werden kann. Auf theoretischer Basis könnten weitere Konzepte von

Legenden erarbeitet werden, bei denen der Nutzer einen grösseren Einfluss auf Aufbau, Inhalt und Erklärungsart des Karteninhaltes hat.

Zudem wären weitere Untersuchungen interessant, die der Frage nachgehen, wie die Legende optimal ins GUI eingebunden werden kann. Diese Nachforschungen könnten auch dahingehend ausgebaut werden, dass neben der Legende auch andere Funktionsbereiche einer Kartenanwendung mit der nutzerzentrierten Entwicklung abgedeckt werden. So könnten in ähnlicher Weise z.B. die Tools zur Navigationssteuerung verbessert, Konzepte einer Themenauswahl für Kartensysteme mit vielen Themenbereichen erarbeitet oder die Möglichkeiten der Animationssteuerung optimiert werden.

Die Vielfältigkeit der Interaktivität eröffnet im Bereich der *Smart Legend* fast beliebig viele Möglichkeiten. Nicht alle sind aber in gleichem Masse geeignet, um die Aufgaben der Legende in bestmöglicher Weise zu unterstützen. Optimierungen sind immer möglich, sollten angestrebt werden, und auch neuen, unkonventionellen Ideen muss Platz eingeräumt werden, sodass eine echte Weiterentwicklung stattfindet. Nur so kann gewährleistet werden, dass der Schlüssel zur Karte am Ende auch tatsächlich passt.

11 Literaturverzeichnis

[ADS 2.0 2004]

Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Hrsg.): *Atlas der Schweiz 2.0 - interaktiv*. DVD, Wabern, 2004.

[ATLANTE INSUBRICA 1997]

Torricelli, G.P., Thiede, L. und Scaramellini, G. (Hrsg.): *Atlante socioeconomico della Regione insubrica*. Edizioni Casagrande, Bellinzona SA, 1997.

[ATLAS OF CANADA URL 2007]

<http://www.atlas.gc.ca>, Zugriff am 8. Januar 2007.

[BECKER 1975]

Becker, M.: *Untersuchung zur Automatisierung und visuell quantitativen Auswertung von Diagrammdarstellungen in thematischen Karten*. Dissertation, Technische Universität Dresden, 1975.

[BERTIN 1967,74]

Bertin, J.: *Graphische Semiologie*. Walter de Gruyter, Berlin, 1974. Übersetzt nach der 2. französischen Auflage *Sémiologie graphique*, 1973, 1. Auflage 1967.

[BILL & ZEHNER 2001]

Bill, R. und Zehner, M.: *Lexikon der Geoinformatik*. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 2001.

[BOLLMANN & KOCH 2001]

Bollmann, J. und Koch W.G. (Hrsg.): *Lexikon der Kartographie und Geomatik. Band 1, A bis Karti*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2001.

[BOLLMANN & KOCH 2002]

Bollmann, J. und Koch W.G. (Hrsg.): *Lexikon der Kartographie und Geomatik. Band 2, Karto bis Z*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2002.

[BRD ATLAS 2000]

Institut für Länderkunde, Leipzig (Hrsg.): *Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland: Band 1: Gesellschaft und Staat*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2000.

[BÄR & SIEBER 1997]

Bär, H.R. und Sieber, R.: «*Atlas der Schweiz – Multimedia Version*» *Adaptierte GIS-Techniken und qualitative Bildschirmgraphik*. In: Grünreich, D. (Hrsg.): *GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld: Grundlagen, Anwendungen und Entwicklungstrends*. Kirschbaum Verlag GmbH, Bonn, 1997.

[CAMMACK 2006]

Cammack, R.G.: *Cartography, Virtual Reality, and the Internet: Integrating abstract models of the environment via the internet*. In: Peterson, M.P. (Hrsg.): *Maps and the Internet*. Elsevier, Amsterdam, 2006.

[CARTO.NET URL 2006]

<http://www.carto.net>, Zugriff im September und Oktober 2006.

[CARTWRIGHT & PETERSON 2007]

Cartwright, W. und Peterson M.P.: *Multimedia Cartography*. In: Cartwright, W., Peterson, M.P. und Gartner, G. (Hrsg.): *Multimedia Cartography*. Second Edition, Springer, Berlin, 2007.

[CECCONI ET AL. 2000]

Cecconi, A., Shenton, Ch. und Weibel, R.: *Verwendung von Java für die kartographische Visualisierung von statistischen Daten auf dem Internet*. Kartographische Nachrichten, Heft 4, S. 151-162, 2000.

[COMPUTER INDUSTRY ALMANAC URL 2006]

Computer Industry Almanac Inc.: *Worldwide Internet users top 1 billion in 2005*. Press release January 4th, 2006, <http://www.c-i-a.com/pr0106>, Zugriff am 23.11.2006.

[CRAMPTON 2002]

Crampton, J.W.: *Interactivity types in geographic visualization*. Cartography and Geographic Information Science, Vol. 29, No. 2, 2002.

[CRON 2006]

Cron, J.: *Graphische Benutzeroberflächen interaktiver Atlanten: Konzept zur Strukturierung und praktischen Umsetzung der Funktionalität*. Diplomarbeit, Fachbereich Vermessungswesen/Kartographie, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Dresden, 2006.

[DA SILVA & CARTWRIGHT 2006]

Da Silva Ramos, C. und Cartwright, W.: *Atlases from paper to digital medium*. In: Stefanakis, E., Peterson, M.P., Armenakis, C. und Delis, V. (Hrsg.): *Geographic Hypermedia: Concepts and Systems*. Springer, Berlin, 2006.

[DICKMANN 2001]

Dickmann, F.: *Web-Mapping und Web-GIS*. Westermann, Braunschweig, 2001.

[DUDEN 1996]

Wissenschaftlicher Rat und Mitarbeiter der Dudenredaktion: *Duden Deutsches Universalwörterbuch A-Z*. 3., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Dudenverlag, Mannheim, 1996.

[ELZAKKER 2001]

Elzakker, C.P.J.M. van: *Use of maps on the web*. In: Kraak, M.-J. & Brown, A. (Hrsg.): *Web Cartography: Developments and prospects*. Taylor & Francis, London, 2001.

[FIBINGER 2002]

Fibinger, I.: *SVG – Scalable Vector Graphics: Praxiswegweiser und Referenz für den neuen Vektrografikstandard*. Markt + Technik Verlag, München, 2002.

[FREITAG 1987]

Freitag, U.: *Die Kartenlegende - nur eine Randangabe?* Kartographische Nachrichten, Heft 2, S. 42-49, 1987.

[FRIENDLY & DENIS URL 2006]

Friendly, M. und Denis, D.J.: *Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization*. <http://www.stud.fernuni-hagen.de/q5620961/dikarten.html>, Zugriff am 05.12.2006.

[GARTNER 2003]

Gartner, G.: *Geovisualisierung und Kartenpräsentation im Internet – Stand und Entwicklung*. In: Asche, H. & Herrmann, C. (Hrsg.): *Web.Mapping 2: Telekartographie, Geovisualisierung und mobile Geodienste*. Wichmann, Heidelberg, 2003.

[GIS DICTIONARY URL 2006]

GIS-Wörterbuch der Kansas Association of Mappers, <http://www.kam.to/kam/services/gisdictionary.cfm>, Zugriff am 18.12.2006.

[HAGEN URL 2006]

FernUniversität in Hagen, Deutschland: *Digitale Karten und Karten im Internet*. <http://www.stud.fernuni-hagen.de/q5620961/dikarten.html>, Zugriff am 05.12.2006.

[HAKE ET AL. 2002]

Hake, G., Grünreich, D. und Meng, L.: *Kartographie: Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*. 8., vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Walter de Gruyter, Berlin, 2002.

[HERMANN & PEISSNER 2003]

Hermann, F. und Peissner, M.: *Usability Engineering für kartographische Visualisierungen – Methoden und Verfahren*. Kartographische Nachrichten, Heft 6, S. 260-265, 2003.

[HIRSIG 2004A]

Hirsig, R.: *Statistische Methoden in den Sozialwissenschaften: eine Einführung im Hinblick auf computergestützte Datenanalysen mit SPSS für Windows. Band 1*. 4., überarbeitete Auflage. Seismo Verlag, Zürich, 2003-2004.

[HIRSIG 2004B]

Hirsig, R.: *Statistische Methoden in den Sozialwissenschaften: eine Einführung im Hinblick auf computergestützte Datenanalysen mit SPSS für Windows. Band 2*. 4., überarbeitete Auflage. Seismo Verlag, Zürich, 2003-2004.

[HU 2006]

Hu, S.: *Design issues associated with discrete and distributed hypermedia GIS*. In: Stefanakis, E., Peterson, M.P., Armenakis, C. und Delis, V. (Hrsg.): *Geographic Hypermedia: Concepts and Systems*. Springer, Berlin, 2006.

[HUBER & SCHMID 2003]

Huber, S. und Schmid, Ch.: *2nd Atlas of Switzerland: interactive concepts, functionality and techniques*. In: Proceedings of the International Cartographic Association 2003, 21st ICC, Durban, South Africa, 2003.

[HURNI 2005]

Hurni, L.: *Anwendung kartographischer Medien im Rahmen aktueller I+K-Technologien*. Kartographische Nachrichten, Heft 5, S. 244-249, 2005.

[HURNI 2006]

Hurni, L.: *Interaktive Karteninformationssysteme – quo vaditis?* Kartographische Nachrichten, Heft 3, S. 136-142, 2006.

[IMHOF 1972]

Imhof, E.: *Thematische Kartographie*. Walter de Gruyter, Berlin, 1972.

[INTERNET WORLD STATS URL 2006]

Internet World Stats: *Internet usage statistics – the big picture. World Internet users and population stats*. <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>, Zugriff am 23.11.2006.

[KLUGE 2002]

Kluge, F.: *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache / Kluge*. Bearbeitet von Elmar Seebold. 24., durchges. und erw. Auflage. Walter de Gruyter, Berlin, 2002.

[KRAAK ET AL. 1997]

Kraak, M.-J., Edsall R. und MacEachren A.M.: *Cartographic animation and legends for temporal maps: Exploration and or interaction*. In: Proceedings of the International Cartographic Association 1997, Vol. 1, Stockholm, Sweden, 1997.

[KRAAK 2001A]

Kraak, M.-J.: *Settings and needs for web cartography*. In: Kraak, M.-J. & Brown, A. (Hrsg.): *Web Cartography: Developments and prospects*. Taylor & Francis, London, 2001.

[KRAAK 2001B]

Kraak, M.-J.: *Trends in cartography*. In: Kraak, M.-J. & Brown, A. (Hrsg.): *Web Cartography: Developments and prospects*. Taylor & Francis, London, 2001.

[KRAAK & ORMELING 2003]

Kraak, M.-J. und Ormeling, F.: *Cartography: visualization of geospatial data*. Second Edition. Pearson Education Limited, Harlow, 2003.

[KRAMERS 2005]

Kramers, E.R.: *The Atlas of Canada – user-centered development and evolution*. In: Proceedings of the International Cartographic Association 2005, 22nd ICC, A Coruña, Spain, 2005.

[KUMAR 2004]

Kumar, N.: *Frequency histogram legend in the choropleth map: a substitute to traditional legends*. Cartography and Geographic Information Science, Vol. 31, No. 4, 2004.

[KÄHLER 2004]

Kähler, W.-M.: *Statistische Datenanalyse: Verfahren verstehen und mit SPSS gekonnt einsetzen*. 3., völlig neubearbeitete Auflage. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2004.

[LOBBEN & PATTON 2003]

Lobben, A.K. und Patton D.K.: *Design guidelines for digital atlases*. Cartographic Perspectives, No.44, S. 51-62, 2003.

[HARROWER URL 2006]

Harrower, M.: University of Wisconsin, Madison, Department of Geography. Personal homepage. <http://www.geography.wisc.edu/~harrower/>, Zugriff am 29.11.2006.

[MILLER 1999]

Miller, S.: *Design of multimedia products*. In: Cartwright, W., Peterson, M.P. und Gartner, G. (Hrsg.): *Multimedia Cartography*. First Edition, Springer, Berlin, 1999.

[MÜLLER 2000]

Müller, A.: *Nutzerunterstützung in elektronischen, kartographischen Medien: ein Modell zur Entwicklung interaktiver Karten am Beispiel einer DV-gestützten Kartierung*. Dissertation, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Trier, 2000.

[NEUMANN & WINTER 2003]

Neumann, A. und Winter, A.M.: *Webkartographie und Vektorgraphik – Formate, Standards und Beispiele mit SVG*. In: Asche, H. & Herrmann, C. (Hrsg.): *Web.Mapping 2: Telekartographie, Geovisualisierung und mobile Geodienste*. Wichmann, Heidelberg, 2003.

[OGRISSEK 1983]

Ogrissek, R. (Hrsg.): *ABC Kartenkunde*. Edition Leipzig, Frankfurt, 1983.

[ORMELING 1996]

Ormeling, F.: *Functionality of electronic school atlases*. In: Köbben, B., Ormeling, F. und Trainor, T. (Hrsg.): *Seminar on electronic atlases II*. ICA Commission on National and Regional Atlases, Prague, 1996.

[PETERSON 1999]

Peterson, M.P.: *Active legends for interactive cartographic animation*. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 13, No. 4, 1999.

[PETERSON 2003]

Peterson, M.P.: *Webmapping at the start of the new Millennium – state of the art*. In: Asche, H. & Herrmann, C. (Hrsg.): *Web.Mapping 2: Telekartographie, Geovisualisierung und mobile Geodienste*. Wichmann, Heidelberg, 2003.

[PETERSON 2006A]

Peterson, M.P.: *Hypermedia Maps and the Internet*. In: Stefanakis, E., Peterson, M.P., Armenakis, C. und Delis, V. (Hrsg.): *Geographic Hypermedia: Concepts and Systems*. Springer, Berlin, 2006.

[PETERSON 2006B]

Peterson, M.P.: *Maps and the Internet: An Introduction*. In: Peterson, M.P. (Hrsg.): *Maps and the Internet*. Elsevier, Amsterdam, 2006.

[PETERSON 2007]

Peterson, M.P.: *The Internet and Multimedia Cartography*. In: Cartwright, W., Peterson, M.P. und Gartner, G. (Hrsg.): *Multimedia Cartography*. Second Edition, Springer, Berlin, 2007.

[PREIM 1999]

Preim, B.: *Entwicklung interaktiver Systeme: Grundlagen, Fallbeispiele und innovative Anwendungsfelder*. Springer, Berlin, 1999.

[RIEDL 2001]

Riedl, A.: *Virtual Reality – die zukünftige Realität der Geokommunikation?* In: Buzin, R. und Wintges, T. (Hrsg.): *Kartographie 2001 – multidisziplinär und multimedial: Beiträge zum 50. Deutschen Kartographentag*. Wichmann, Heidelberg, 2001.

[RÄBER & JENNY 2003]

Räber, S. und Jenny, B.: *Karten im Netz – ein Plädoyer für mediengerechte Kartengrafik*. In: Asche, H. & Herrmann, C. (Hrsg.): *Web.Mapping 2: Telekartographie, Geovisualisierung und mobile Geodienste*. Wichmann, Heidelberg, 2003.

[SCHNEIDER 2002]

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

[SELFHTML URL 2007]

<http://de.selfhtml.org/xml>, Zugriff am 20.02.2007.

[SHNEIDERMAN & PLAISANT 2005]

Shneiderman, B. und Plaisant, C.: *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. 4th edition. Pearson, Boston, 2005.

[SIEBER ET AL. 2005]

Sieber, R., Schmid, Ch., Wiesmann, S.: *Smart Legend – Smart Atlas!* In: Proceedings of the International Cartographic Association 2005, 22nd ICC, A Coruña, Spain, 2005.

[SIEBER & HUBER 2007]

Sieber, R. und Huber, St.: *Atlas of Switzerland 2 – A highly interactive thematic national atlas*. In: Cartwright, W., Peterson, M.P. und Gartner, G. (Hrsg.): *Multimedia Cartography*. Second Edition, Springer, Berlin, 2007.

[SNYDER 2003]

Snyder, C.: *Paper prototyping: the fast and easy way to design and refine user interfaces*. The Morgan Kaufmann Series in Interactive Technologies. Morgan Kaufmann, San Francisco, California, 2003.

[SOZIALNETZ URL 2006]

<http://www.sozialnetz-hessen.de/ca/ph/het>, Zugriff am 04.09.2006.

[SWA 2004]

Spiess, E. (Chefredaktor): *Schweizer Weltatlas: Ausgabe 2004*. Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren (Hrsg.), Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, 2004.

[THISSEN 2004]

Thissen, F.: *Screen design manual: communicating effectively through multimedia*. Springer Verlag, Berlin, 2004.

[US NATIONALATLAS URL 2006]

<http://www.nationalatlas.gov> → Map Layers → Water: Aquifers, Dams, Watersheds, Streams and Waterbodies → Streams and Waterbodies: View sample layer in Map Maker. Zugriff am 19.12.2006.

[VIRZI ET AL. 1996]

Virzi, R.A., Sokolov, J.L. und Karis, D.: *Usability problem identification using both low- and high fidelity prototypes*. In: Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM Press, New York, 1996.

[W3C URL 2007]

<http://www.w3.org/Graphics/SVG/About>, Zugriff am 20.02.2007.

[WITT 1979]

Witt, W.: *Lexikon der Kartographie*. Deuticke, Wien, 1979.

Quellen des verwendeten Kartenmaterials:

Basiskarten der Prototypen:

Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA071145), Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern, 2007.

Themenebenen der Prototypen:

- Bundesinventare Landschaftsschutzgebiete: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Neuwohnungen: Bau- und Wohnbaustatistik, Sektion Gebäude und Wohnungen, Bundesamt für Statistik BFS.
- Niederschlag: Alpine Niederschlagsdatenbank am Institut für Atmosphäre und Klima IAC, ETH Zürich.

Anhang

A	Resultate der Entscheidungsfragen: Graphiken	171
Abb. A.1:	C3: Favoriten: Aufrufen der Legende	171
Abb. A.2:	C2: Favoriten: Anordnung der Legende	171
Abb. A.3:	D1: Favoriten: Anordnung der Legende beim zweiten Öffnen	172
Abb. A.4:	C4: Favoriten: Grösse der Legende	172
Abb. A.5:	D2: Favoriten: Grösse der Legende beim zweiten Öffnen	173
Abb. A.6:	D4a: Favoriten: Hintergrund bei kleiner Legende	173
Abb. A.7:	D4b: Favoriten: Hintergrund bei grosser Legende	174
Abb. A.8:	C5: Favoriten: Inhalt der Legende	174
Abb. A.9:	D9: Favoriten: Inhalt der Legende des Basiskarte	175
Abb. A.10:	D10: Favoriten: Inhalt der Legende des Themas	175
Abb. A.11:	C6: Favoriten: Legendenfunktionen	176
Abb. A.12:	D11: Favoriten: Hinzuschalten von Kategorien	176
Abb. A.13:	C7: Favoriten: Kombination von Legende und Karten-Ebenen	177
Abb. A.14:	C9: Favoriten: Zugang zum Legendencenter	177
Abb. A.15:	D5: Favoriten: Zugang zum Legendencenter 2	178
Abb. A.16:	C8: die zwei wichtigsten Funktionen eines Legendencenters	178
Abb. A.17:	D6: Favoriten: Funktionen eines Legendencenters: Farbwahl – Symbolisierung	179
Abb. A.18:	D8: Favoriten: Funktionen eines Legendencenters: Favorisierung von Farbwahl und/oder Symbolisierung	179
Abb. A.19:	D7: Favoriten: Funktionen eines Legendencenters: Symbolisierungsoptionen	180
Abb. A.20:	D12: Favoriten: Kombination von zwei Legenden	180
B	Fragebogen zum ersten skizzenartigen Prototyp	181
C	Fragebogen zum zweiten skizzenartigen Prototyp	187
D	Daten-CD	191

A Resultate der Entscheidungsfragen: Graphiken

Frage C3: Es gibt verschiedene Arten, wie die Legende auf Wunsch dazugeschaltet werden kann: über einen Reiter, Menu, Button oder Pull down.

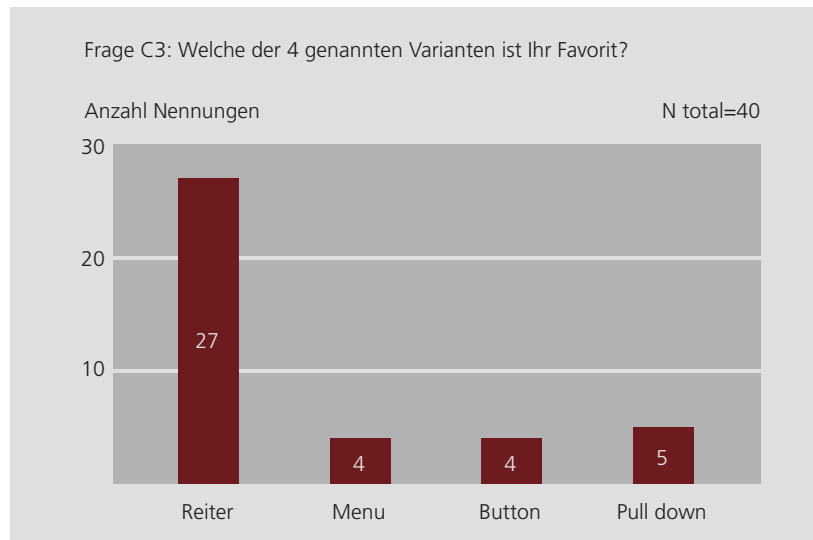


Abb. A.1: C3: Favoriten: Aufrufen der Legende

Frage C2: Es gibt verschiedene Anordnungsmöglichkeiten für die Legende auf dem Bildschirm: Die Legende ist an einem Ort fixiert und nicht verschiebbar, sie ist manuell verschiebbar, oder sie ist manuell verschiebbar und zusätzlich auch «andockbar».

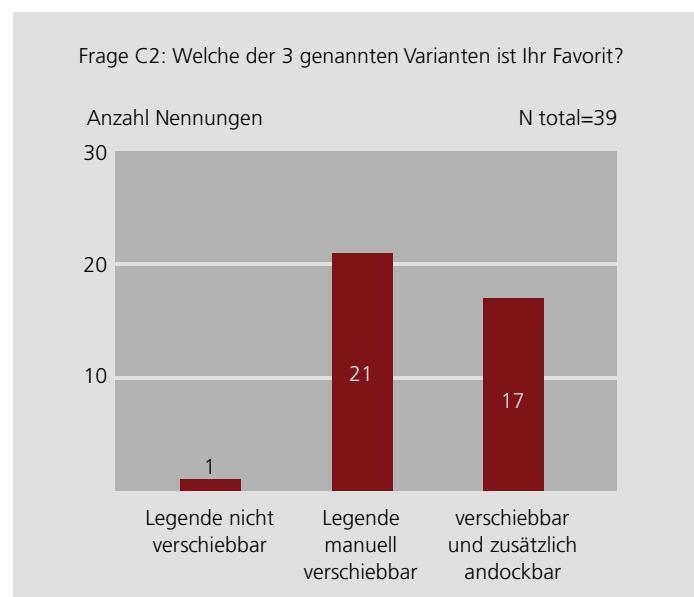


Abb. A.2: C2: Favoriten: Anordnung der Legende

Frage D1: Wo soll die verschiebbare Legende beim nächsten Öffnen erscheinen: Am selben Ort wo sie beim letzten Gebrauch geschlossen wurde oder immer am gleichen, vorgegebenen Ort?

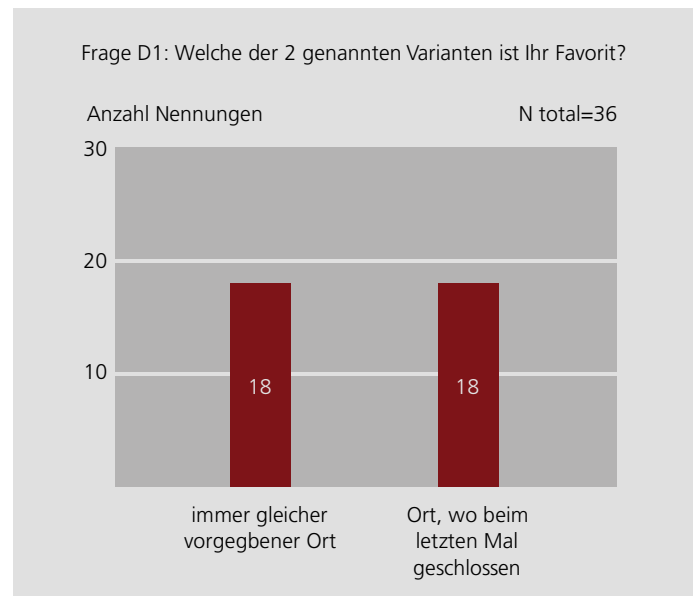


Abb. A.3: D1: Favoriten: Anordnung der Legende beim zweiten Öffnen

Frage C4: Die Höhe und Breite der Legende variiert je nach Kartenthema. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie die Legende auf die unterschiedlichen Grössen reagiert: Die Grösse ist fix und immer gleich; die Grösse passt sich automatisch dem Umfang des Inhaltes an; oder der Benutzer kann die Grösse manuell anpassen.

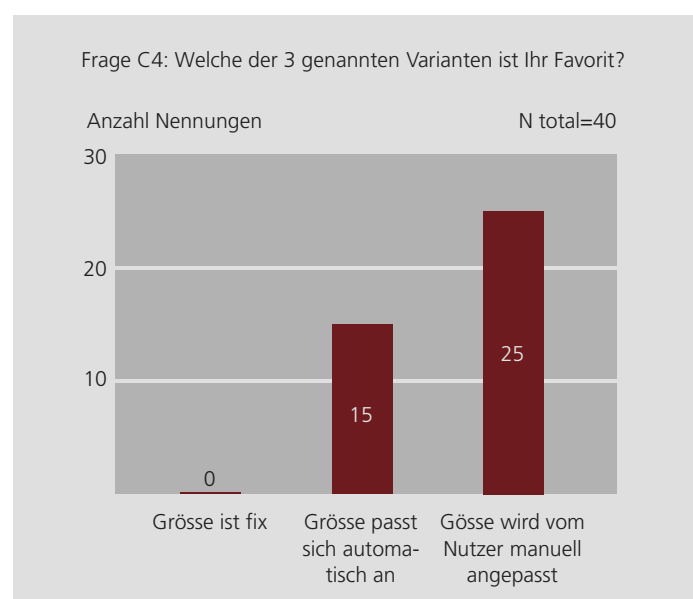


Abb. A.4: C4: Favoriten: Grösse der Legende

Frage D2: Nach erfolgter manueller Anpassung der Legendengrösse: Erscheint die Legende beim zweiten Öffnen in der gleichen Grösse wie beim Schliessen oder jedes Mal so angepasst, dass die ganze Legende sichtbar ist?

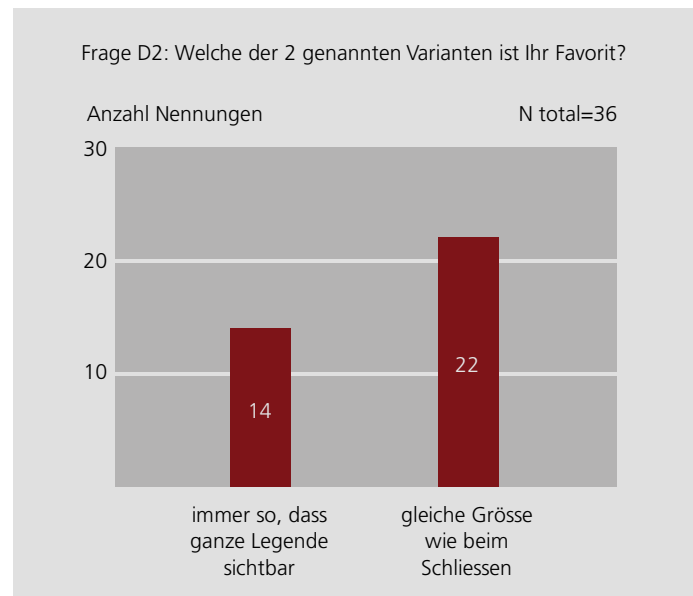


Abb. A.5: D2: Favoriten: Grösse der Legende beim zweiten Öffnen

Frage D4a: Sie sehen zwei Varianten einer Legende: einmal mit undurchsichtigem Hintergrund und einmal mit leicht transparentem Hintergrund. Legendengrösse 15% der Bildschirmfläche.

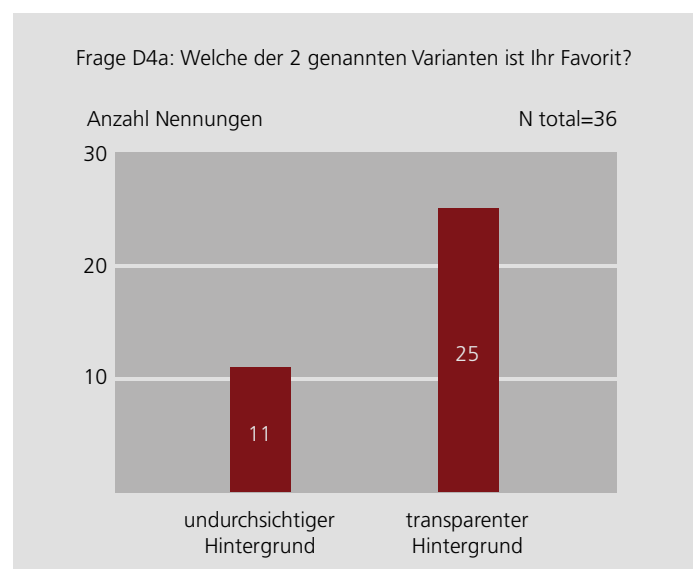


Abb. A.6: D4a: Favoriten: Hintergrund bei kleiner Legende

Frage D4b: Sie sehen zwei Varianten einer Legende: einmal mit undurchsichtigem Hintergrund und einmal mit leicht transparentem Hintergrund. Legendengrösse 70% der Bildschirmfläche.

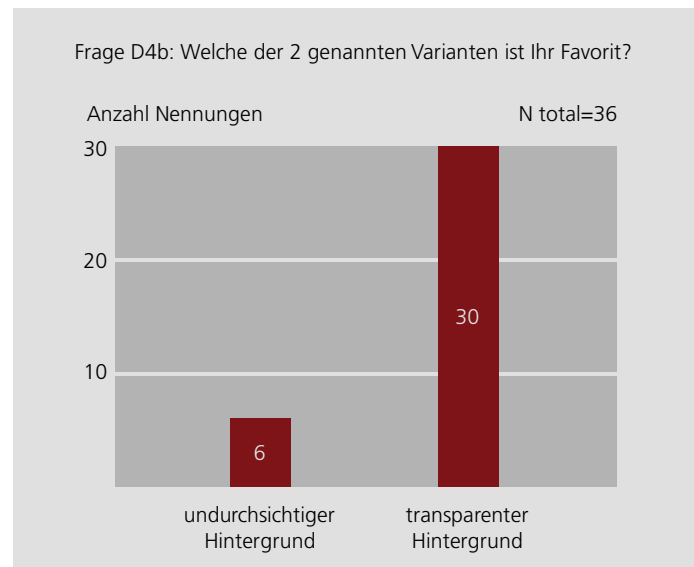


Abb. A.7: D4b: Favoriten: Hintergrund bei grosser Legende

Frage C5: Die Legende kann unterschiedlich detailliert angezeigt werden: Alle Kategorien erklären, auch wenn sie nicht im gewählten Ausschnitt liegen; nur diejenigen erklären, die im Moment im Ausschnitt sichtbar sind; eine Auswahl hierarchisch gegliederter Gruppen; der Nutzer selektiert in der Karte, was in der Legende erklärt werden muss.

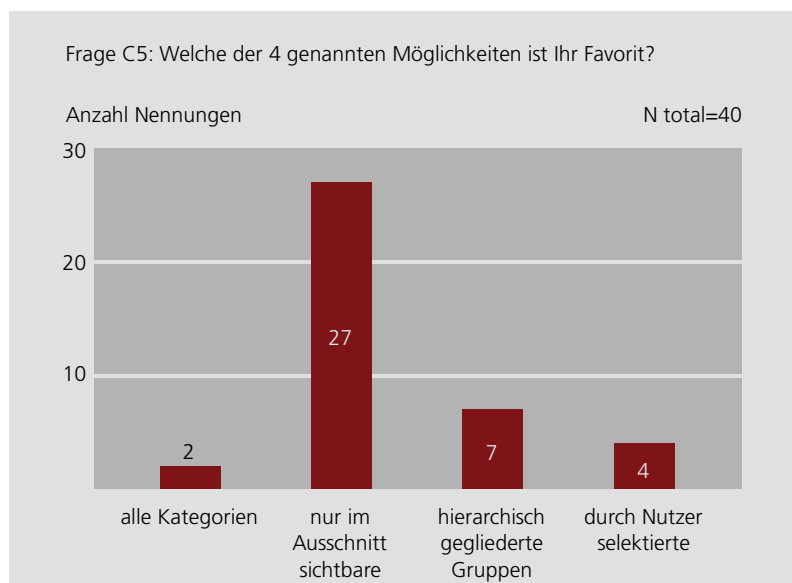


Abb. A.8: C5: Favoriten: Inhalt der Legende

Frage D9: Die Legende der *Basiskarte* kann unterschiedlich detailliert angezeigt werden: Sie zeigt nur diejenigen Kategorien, die im aktuellen Ausschnitt liegen; Legende zeigt alle, aber die nicht vorkommenden werden abgedimmt; sie zeigt immer alle Kategorien.

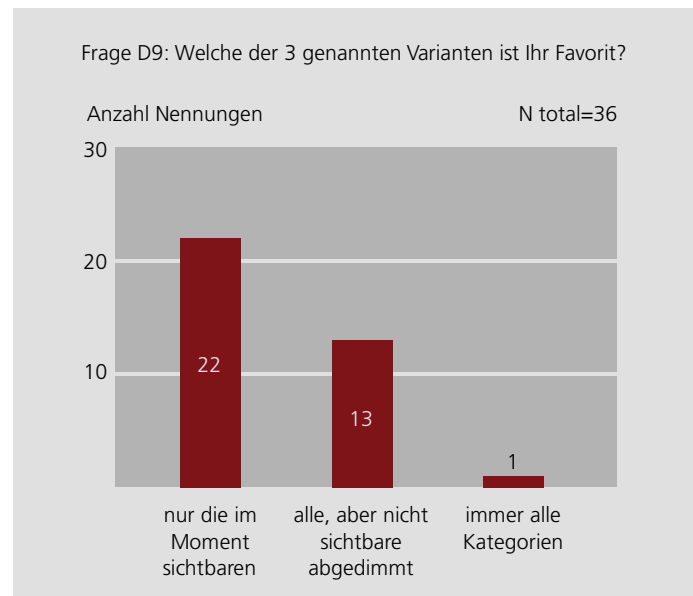


Abb. A.9: D9: Favoriten: Inhalt der Legende des Basiskarte

Frage D10: Die Legende des *Themas* kann unterschiedlich detailliert angezeigt werden: Sie zeigt nur diejenigen Kategorien, die im aktuellen Ausschnitt liegen; Legende zeigt alle, aber die nicht vorkommenden werden abgedimmt; sie zeigt immer alle Kategorien.

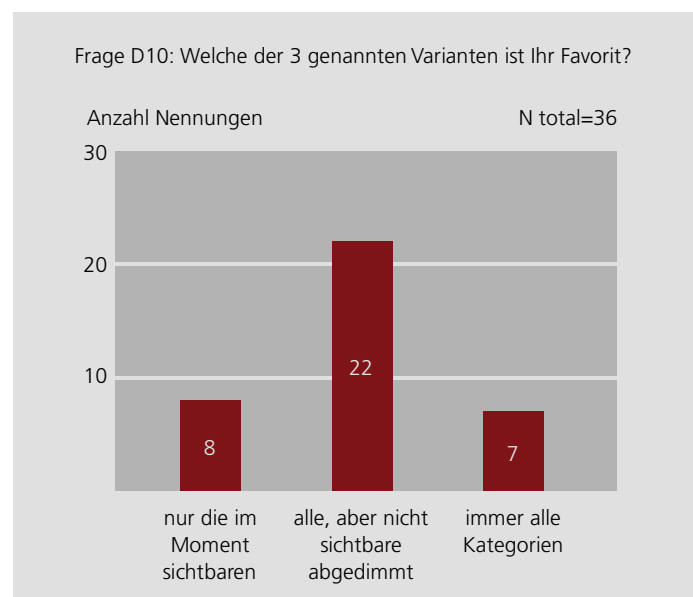


Abb. A.10: D10: Favoriten: Inhalt der Legende des Themas

Frage C6: Die Legende kann verschiedene Funktionen übernehmen: Zeichenerklärung für die in der Karte verwendeten Elemente; einzelne Kategorien des Themas ein- und ausblenden; einfache Tools wie z.B. Farbwähler; oder eine Animationssteuerung.

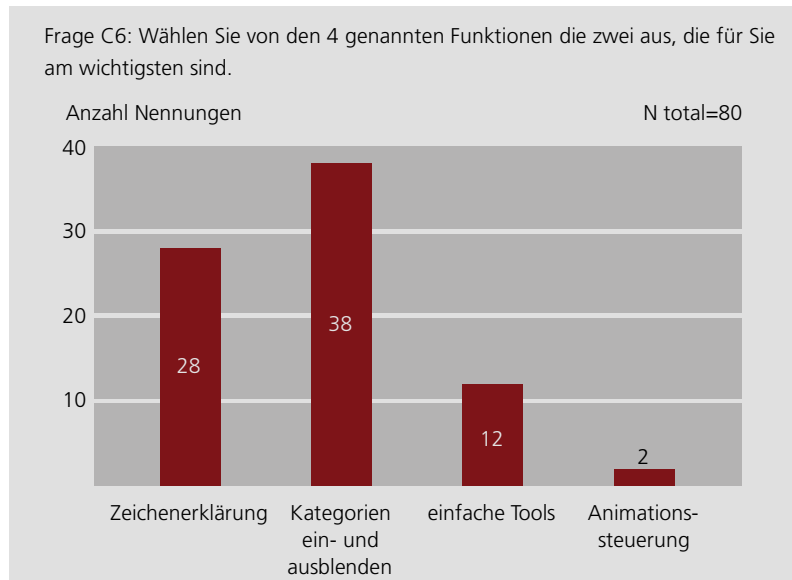


Abb. A.11: C6: Favoriten: Legendenfunktionen

Frage D11: Wie können zusätzliche Kartenebenen hinzugefügt werden? Mit einem separaten Fenster, welches über einen Button in der Legende zugänglich ist; innerhalb des Legendenfensters selber; oder mit einem separaten Fenster, welches unabhängig von der Legende zugänglich ist.

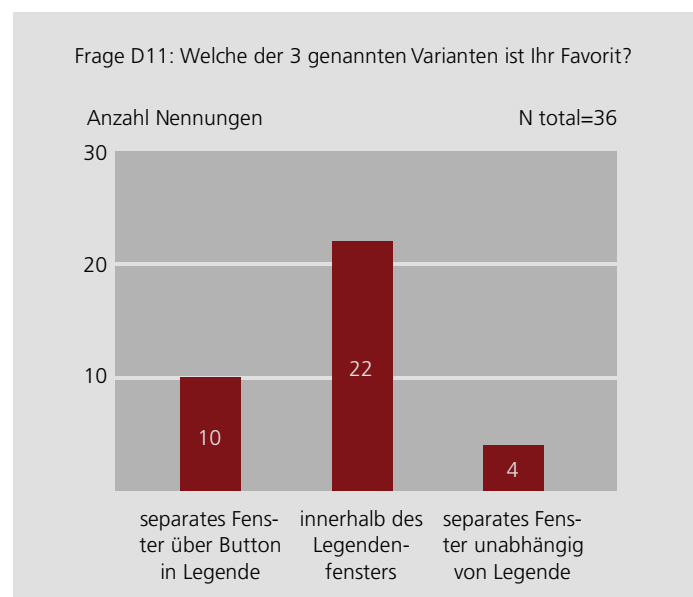


Abb. A.12: D11: Favoriten: Hinzuschalten von Kategorien

Frage C7: Die Funktionen der Kartenebenen (ein- und ausblenden, Transparenz regeln, ...) könnten mit der Legende kombiniert werden. Sollen diese komplett getrennt bleiben oder sollen sie kombiniert werden?

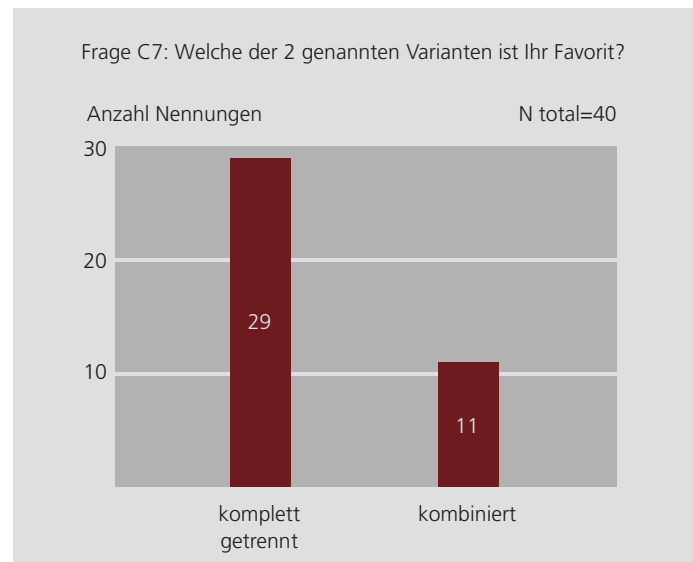


Abb. A.13: C7: Favoriten: Kombination von Legende und Karten-Ebenen

Frage C9: Zugang zum Legendencenter: direkt zum Legendencenter, ohne einfache Legende; paralleler gleichberechtigter Zugang entweder zum Legendencenter oder zur einfachen Legende; gar kein Legendencenter, die einfache Legende genügt.

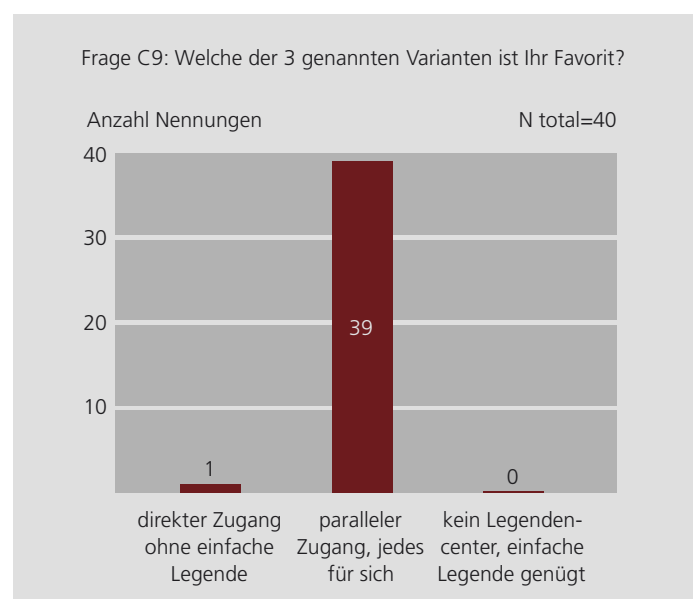


Abb. A.14: C9: Favoriten: Zugang zum Legendencenter

Frage D5: Um zum Legendencenter zu gelangen gibt es zwei Möglichkeiten: gleichberechtigter Zugang über zwei Reiter entweder zur einfachen Legende oder zum Legendencenter; stufenweiser Zugang über die einfache Legende zum Legendencenter.

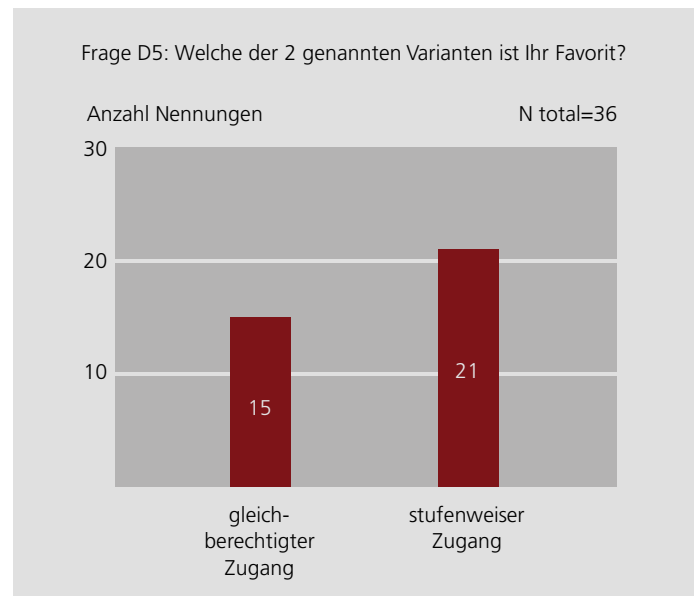


Abb. A.15: D5: Favoriten: Zugang zum Legendencenter 2

Frage C8: Mögliche Funktionen eines Legendencenters: Auswahl an verschiedenen Legendentypen (klassisch, Histogramm, Diagramm); Veränderung von Farben nach Wunsch; Veränderung von Klassierungen nach Wunsch; statistische Informationen zu den dargestellten Daten.

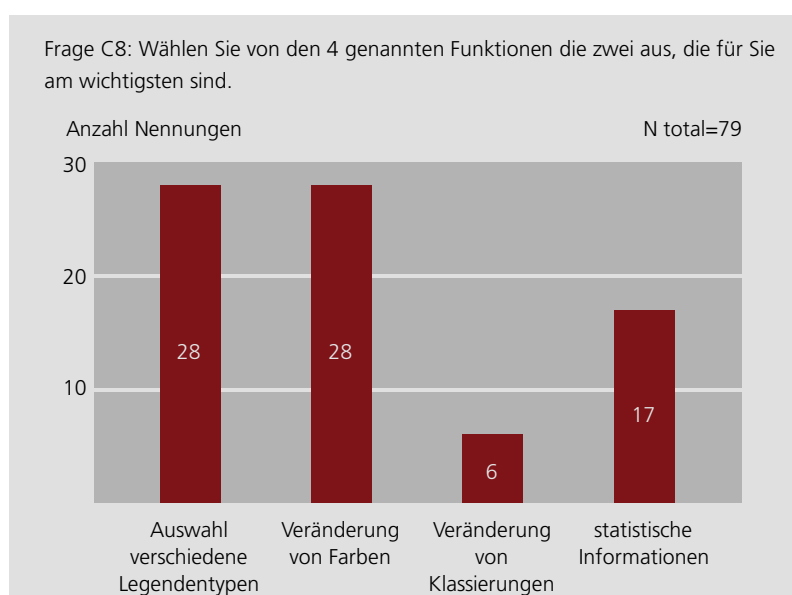


Abb. A.16: C8: die zwei wichtigsten Funktionen eines Legendencenters

Frage D6: Werden in einem Legendencenter die Farbwahl oder die Symbolisierungsoptionen favorisiert?

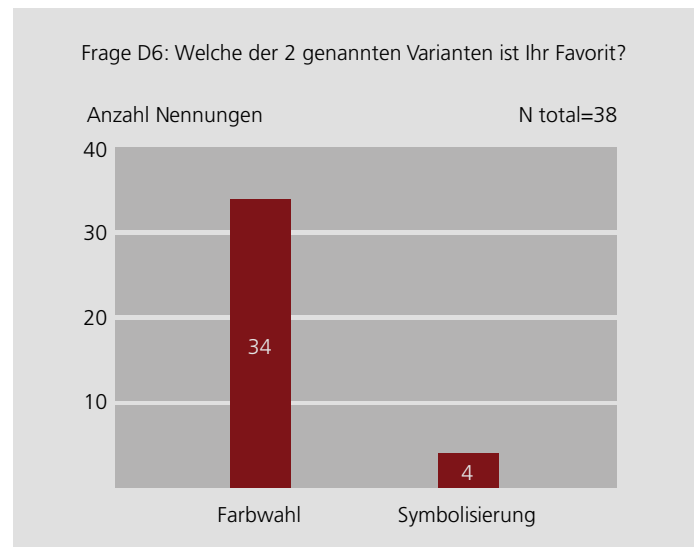


Abb. A.17: D6: Favoriten: Funktionen eines Legendencenters: Farbwahl – Symbolisierung

Frage D8: Beim Aufrufen des Legendencenters kann entweder nur die Farbwahl, nur die Symbolisierung oder beide miteinander im Vordergrund stehen (und damit direkt verfügbar sein).

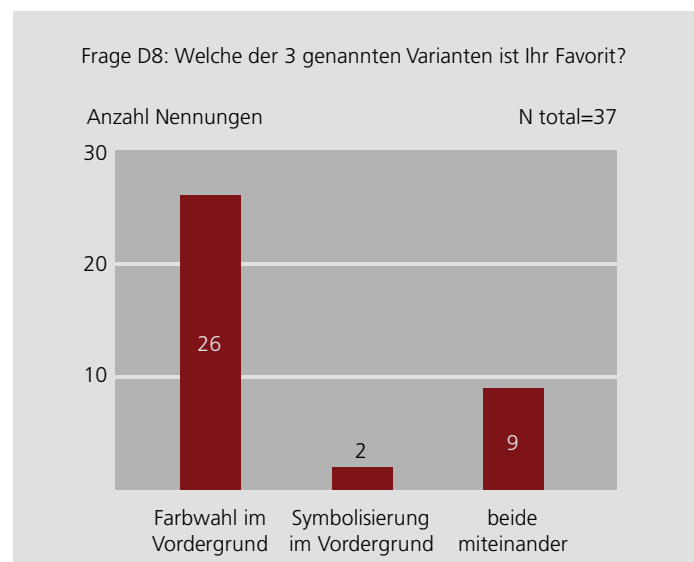


Abb. A.18: D8: Favoriten: Funktionen eines Legendencenters:
Favorisierung von Farbwahl und/oder Symbolisierung

Frage D7: Soll der Nutzer selber aus den Symbolisierungsoptionen auswählen oder sollen nur diejenigen zur Verfügung stehen, die auch wirklich selektierbar sind?

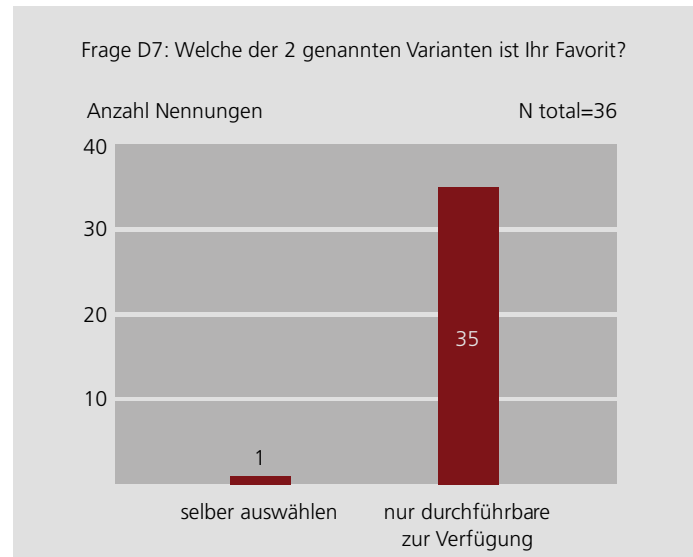


Abb. A.19: D7: Favoriten: Funktionen eines Legendencenters: Symbolisierungsoptionen

Frage D12: Wenn zwei Karten übereinander gelegt werden, können die zwei dazugehörigen Legenden verschieden angeordnet werden. Entweder nebeneinander, mit einem Reiter getrennt, oder übereinander.

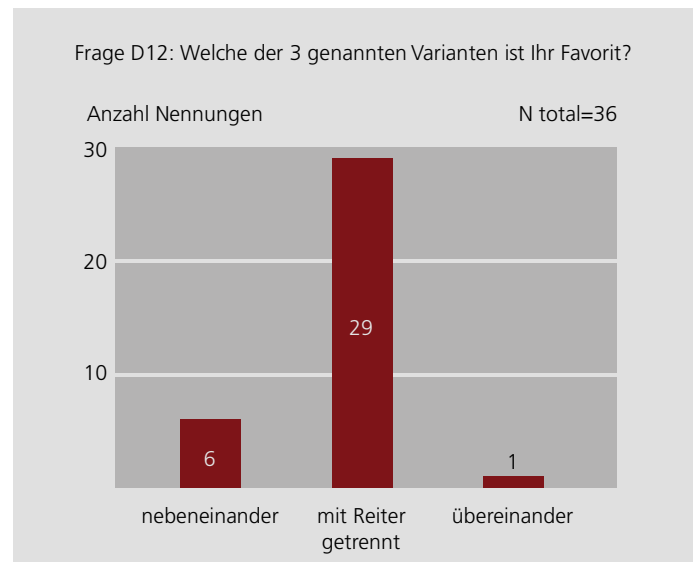


Abb. A.20: D12: Favoriten: Kombination von zwei Legenden

B Fragebogen zum ersten skizzenartigen Prototyp

Der Fragebogen zum ersten skizzenartigen Prototyp beinhaltet ein Titelblatt mit Informationen zum Rahmen, in dem die Erhebung stattfindet sowie auf der zweiten Seite einen Einleitungstext, um die Situation, um was es konkret geht, klar zu schildern. Dieser Einleitungstext ist untenstehend abgedruckt, die vier Seiten des eigentlichen Fragebogens folgen auf den nächsten Seiten.

Auf der beiliegenden Daten-CD (Anhang D) ist ebenfalls eine digitale Version des Fragebogens vorhanden.

Ziel dieser Befragung:

Die heutzutage produzierten Karten werden grösstenteils am Computerbildschirm betrachtet. Dies ergibt neue Möglichkeiten beim Erstellen einer Karte: der „Kartenleser“ kann zum Beispiel in die Karte hineinzoomen oder er blendet nur diejenigen Elemente ein, die ihn interessieren.

Egal ob am Computer oder auf Papier, jede Karte braucht eine Legende (Zeichenerklärung), damit der Leser die Information auf der Karte lesen und interpretieren kann. Die Legende ist also ein sehr zentrales Element.

Der Kartograf gestaltet eine Karte so, dass der Leser möglichst gut damit zurechtkommt und zufrieden ist. Dazu muss er unter anderem wissen, was für den Leser nützlich ist. Um dies herauszufinden, werden immer wieder Befragungen durchgeführt.

Im Moment wissen die Kartografen aber noch sehr wenig darüber, was sich die Kartenleser unter einer nützlichen und guten *Legende* vorstellen.

Für uns ist Ihre Meinungsäusserung in dieser Befragung sehr wichtig und sie hilft uns, dass künftige Legenden verbessert werden können. Damit lassen sich Karten vereinfacht und benutzerfreundlicher gestalten. Die Resultate dieser Befragung fliessen in die Entwicklung des neuen, interaktiven „Atlas der Schweiz 3“ ein.

Herzlichen Dank für Ihre wertvolle Mitarbeit!

Samuel Wiesmann

Fragebogen zum ersten skizzenartigen Prototyp, Seite 1/4:

Umfrage zu Karten mit interaktiven Legenden		bitte leer lassen
1 Datum: _____ Zusätzliche Bemerkungen zu einzelnen Fragen können irgendwo auf diesen Blättern oder einem Zusatzblatt angebracht werden. Teil A: Persönliche Angaben (werden nur für die Auswertung der Befragung und allfällige Rückfragen verwendet) 2 Name: _____ 3 Geschlecht: ___ Frau ___ Mann 4 Alter: (in Jahren) _____ 5 Ausbildung (alle zutreffenden ankreuzen): ☐ Sekundarschule ☐ Gymnasium ☐ Hochschule ☐ Lehre ☐ Fachhochschule ☐ Andere 6 Klasse / Anzahl Ausbildungsjahre: _____ / _____	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐	
Teil B: Persönliche Vorkenntnisse B1: Umgang mit Computern und Computerspielen 8 Wie oft arbeiten Sie mit Computern? 9 Wie schätzen Sie Ihre generellen Computerkenntnisse ein? 10 Haben Sie in den letzten 2 Jahren Computerspiele gespielt? (PC, PS2, Xbox o.ä.; Nicht: Solitaire o.ä.) 11 Wenn ja, wie oft? täglich 2-4mal/Woche 3-5mal/Monat 1mal/Monat weniger ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 12 Wurde das Thema "Kartenkunde" in Ihrem Geographieunterricht bereits einmal behandelt? 13 Kennen Sie interaktive Karten? 14 Wenn ja, welcher Art? (Mehrfachnennung möglich) ja sind gerade daran nein ☐ ☐ ☐ ja nein ☐ ☐ ☐ Internetkarten ☐ Routenplaner (z.B. TwixRoute, ...) ☐ digitale Atlanten (z.B. Atlas der Schweiz, Encarta, ...) ☐ 3-dimensionale Anwendungen (z.B. Google Earth, Virtual Earth, World Wind [NASA]) 15 Haben Sie die oben genannten Karten (Frage 14) auch selbstständig benutzt (Ein-/Auszoomen, Ein- und Ausblenden des Gewässernetzes, Route berechnen etc.)? 16 Wie beurteilen Sie Ihre Kenntnisse im Umgang mit interaktiven Karten generell? ja, oft ja, manchmal ja, aber nur selten nein ☐ ☐ ☐ ☐ sehr gut gut mittelmässig schlecht sehr schlecht ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		

Fragebogen zum ersten skizzenartigen Prototyp, Seite 2/4:

Teil C: Beurteilen von Lösungsvorschlägen zu interaktiven Legenden

Bitte kreuzen Sie im Folgenden bei **jeder Frage** die für Sie am ehesten zutreffende Antwort **deutlich** an. Versuchen Sie, eine möglichst **spontane** Entscheidung zu treffen.

C0: Beispielfrage

Die Legende kann verschiedene Funktionen übernehmen. Welche der genannten Funktionen finden Sie wie sinnvoll?

	gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
- Einzelne Kategorien des Themas ein- und ausblenden.	☐	☐	☐	☐	☐
- Animationssteuerung.	☐	☐	☐	☐	☐

C1: Zugang zur Legende

17 Es gibt 2 Möglichkeiten, wie man zur Legende gelangen kann: entweder sie ist permanent sichtbar, oder man kann sie auf Wunsch ein- und ausblenden. Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

	gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
17a - Nur auf Wunsch sichtbar. Sie kann also selber ein- und ausgeblendet werden.	☐	☐	☐	☐	☐
17b - Nicht speziell aufrufen, sie soll permanent sichtbar sein.	☐	☐	☐	☐	☐

C2: Anordnung der Legende

18 Es gibt verschiedene Anordnungsmöglichkeiten für die Legende auf dem Bildschirm. Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

	gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
18a - Legende ist nicht verschiebbar.	☐	☐	☐	☐	☐
18b - Legende ist manuell verschiebbar.	☐	☐	☐	☐	☐
18c - Legende ist verschiebbar, aber zusätzlich auch "andockbar".	☐	☐	☐	☐	☐
18d - Welche der 3 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	18a) vorgegeben ☐	18b) manuell ☐	18c) andockbar ☐		

C3: Aufrufen der Legende

19 Es gibt verschiedene Arten, wie die Legende auf Wunsch dazugeschaltet werden kann. Welche Art finden Sie wie sinnvoll?

	gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
19a - Reiter	☐	☐	☐	☐	☐
19b - Menu	☐	☐	☐	☐	☐
19c - Button	☐	☐	☐	☐	☐
19d - Pull down	☐	☐	☐	☐	☐
19e - Welche der 4 genannten Möglichkeiten ist Ihr Favorit?	19a) Reiter ☐	19b) Menu ☐	19c) Button ☐	19d) Pull down ☐	

Fragebogen zum ersten skizzenartigen Prototyp, Seite 3/4:

C4: Grösse der Legende

20 Die Höhe und Breite der Legende variiert je nach Kartenthema. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie die Legende auf die unterschiedlichen Grössen reagiert. Welche Lösung finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
20a	- Die Grösse ist fix. Bei wenig Elementen entstehen Leerstellen. Wenn es zu viele sind, erweitert ein Scrollbar den Platz.	☐	☐	☐	☐	☐
20b	- Die Grösse passt sich automatisch der Anzahl Elemente in der Karte an. Die Legende ist dadurch immer voll.	☐	☐	☐	☐	☐
20c	- Die Grösse der Legende kann vom Betrachter manuell angepasst werden. Um leere Stellen oder zu engen Platz zu vermeiden, muss die Grösse jeweils angepasst werden.	☐	☐	☐	☐	☐
20d	- Welche der 3 genannten Möglichkeiten ist Ihr Favorit?	20a) fix ☐	20b) automatisch ☐	20c) manuell ☐		

C5: Inhalt der Legende

21 Die Legende kann unterschiedlich detailliert angezeigt werden. Welche Inhalte erachten Sie als wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
21a	- Legende enthält alle in der Karte vorhandenen Kategorien, auch wenn sie im gewählten Ausschnitt nicht vorkommen.	☐	☐	☐	☐	☐
21b	- Legende zeigt nur diejenigen Kategorien an, die im Moment auf dem Bildschirmausschnitt sichtbar sind.	☐	☐	☐	☐	☐
21c	- Legende zeigt Liste mit manuell auswählbaren Kategorien (z.B. alle Strassenklassen).	☐	☐	☐	☐	☐
21d	- Legende zeigt nur Kategorien, die in der Karte durch den Betrachter selbst ausgewählt wurden.	☐	☐	☐	☐	☐
21e	- Welche der 4 genannten Möglichkeiten ist ihr Favorit?	21a) alle Kategorien ☐	21b) nur sichtbare Kat. ☐	21c) Liste ☐	21d) manuell auswählen ☐	

C6: Legendenfunktionen

22 Die Legende kann verschiedene Funktionen übernehmen. Welche der genannten Funktionen finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
22a	- Zeichenerklärung für die in der Karte verwendeten Elemente.	☐	☐	☐	☐	☐
22b	- Einzelne Kategorien des Themas ein- und ausblenden.	☐	☐	☐	☐	☐
22c	- Einfache Tools wie z.B. Farbwähler.	☐	☐	☐	☐	☐
22d	- Animationssteuerung.	☐	☐	☐	☐	☐
22e	- Wählen Sie von den 4 genannten Funktionen die zwei aus, die für Sie am wichtigsten sind.	22a) Zeichenerklärung ☐	22b) ein-/ausblenden ☐	22c) Farbwähler ☐	22d) Animationssteuerung ☐	

Fragebogen zum ersten skizzenartigen Prototyp, Seite 4/4:

C7: Kombination von Legende und Karten-Ebenen

- 23 Neben der Legende gibt es auch die Funktionen der Kartenebenen. Diese beinhalten z.B. das Ein- und Ausblenden des Gewässernetzes oder das Ändern der Transparenz von Flächen. Diese Funktionen könnten mit den Funktionen der Legende kombiniert werden. Welche der unten genannten Varianten finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
23a	- Legende und Funktionen der Kartenebenen komplett getrennt. Dadurch kann sich der Benutzer auf die Legende alleine konzentrieren, jedoch sind nicht alle Möglichkeiten auf einen "Click" ausführbar.	☐	☐	☐	☐	☐
23b	- Legende und Funktionen der Kartenebenen kombiniert. Dadurch kann der Benutzer alle Möglichkeiten auf einen "Click" ausführen, jedoch wird dadurch allenfalls die Übersichtlichkeit eingeschränkt.	☐	☐	☐	☐	☐
23c	- Welche der 2 genannten Möglichkeiten ist Ihr Favorit?	23a) getrennt ☐		23b) kombiniert ☐		

C8: Funktionen eines "Legendecenters"

- 24 Eine interaktive Karte kann mit einem "Legendecenter" für eine erweiterte Kartensteuerung ausgestattet werden (vgl. Beispiele). Welche Funktionen erachten Sie in so einem Legendecenter als sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
24a	- Auswahl an verschiedenen Legendentypen (klassische Legende, Histogramm, Diagramm).	☐	☐	☐	☐	☐
24b	- Veränderung von Farben nach Wunsch.	☐	☐	☐	☐	☐
24c	- Veränderung von Klassierungen nach Wunsch.	☐	☐	☐	☐	☐
24d	- Statistische Informationen zu den dargestellten Daten.	☐	☐	☐	☐	☐
24e	- Wählen Sie von den 4 genannten Funktionen die zwei aus, die für Sie am wichtigsten sind.	24a) Legendentypen ☐		24b) Farben ☐		24c) Klassierungen ☐ 24d) Stat.Information ☐

C9: Zugang zum "Legendecenter"

- 25 Wie sinnvoll finden Sie die folgenden Varianten, um zum Legendecenter zu gelangen?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
25a	- Direkter Zugang zum Legendecenter, ohne die einfache Legende.	☐	☐	☐	☐	☐
25b	- "Paralleler" Zugang: Das Legendecenter und die Legende können jedes für sich dazugeschaltet und wieder ausgeblendet werden.	☐	☐	☐	☐	☐
25c	- Kein Legendecenter, die einfache Legende (Zeichenerklärung) reicht vollkommen.	☐	☐	☐	☐	☐
25d	- Welche der 3 genannten Möglichkeiten ist Ihr Favorit?	25a) direkt ☐		25b) parallel ☐		25c) kein Center ☐

C Fragebogen zum zweiten skizzenartigen Prototyp

Der Fragebogen zum zweiten skizzenartigen Prototyp ist im Folgenden abgedruckt. Er beinhaltet zusätzlich ein Titelblatt, das hier aber nicht gezeigt wird. Auf der beiliegenden Daten-CD (Anhang D) ist eine digitale Version des kompletten Fragebogens vorhanden.

Fragebogen zum zweiten skizzenartigen Prototyp, Seite 1/4:

Zweite Umfrage zu Karten mit interaktiven Legenden

Datum: _____

Zusätzliche Bemerkungen zu einzelnen Fragen können irgendwo auf diesen Blättern oder einem Zusatzblatt angebracht werden.

Persönliche Angaben
(werden nur für die Auswertung der Befragung und allfällige Rückfragen verwendet)

Name: _____ Geschlecht: ___ Frau ___ Mann

Alter: (in Jahren) _____ Klasse / Anzahl Ausbildungsjahre: _____ / _____

bitte leer lassen
 2 9 0 6 0 6

Beurteilen von Lösungsvorschlägen zu interaktiven Legenden

Bitte kreuzen Sie im Folgenden bei **jeder Frage** die für Sie am ehesten zutreffende Antwort **deutlich** an. Versuchen Sie, eine möglichst **spontane** Entscheidung zu treffen.

D1: Anordnung der Legende

1. Wo soll die verschiebbare Legende beim nächsten Öffnen erscheinen: am selben Ort wo sie beim letzten Gebrauch geschlossen wurde oder immer am gleichen, vorgegebenen Ort. Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

	gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
1a - Immer gleicher, vorgegebener Ort.	☐	☐	☐	☐	☐
1b - Ort, wo beim letzten Mal geschlossen.	☐	☐	☐	☐	☐
1c - Welche der 2 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	1a) vorgegebener Ort ☐		1b) wo letztes Mal geschlossen ☐		

D2: Grösse der Legende

2. Das gleiche Problem wie bei der vorhergehenden Frage stellt sich bei der manuellen Grössenanpassung der Legende. Erscheint sie beim nächsten Öffnen in der gleichen Grösse wie beim Schliessen oder jedesmal so angepasst, dass die ganze Legende sichtbar ist? Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

	gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
2a - Immer so, dass die ganze Legende sichtbar.	☐	☐	☐	☐	☐
2b - Gleiche Grösse wie beim Schliessen.	☐	☐	☐	☐	☐
2c - Welche der 2 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	2a) alles sichtbar ☐		2b) gleiche Grösse wie beim Schliessen ☐		

D3: Maximale Grösse der Legende

3a. a) Sie sehen 4 verschieden grosse Legenden. Bei welcher der 4 Grössen ist Ihrer Meinung nach das Maximum der Legendengrösse erreicht?

	Grösse 1	Grösse 2	Grösse 3	Grösse 4
☐	☐	☐	☐	☐

3b. b) Sie sehen 4 verschieden grosse Legenden mit einem weiteren Fenster im Hintergrund geöffnet. Bei welcher der 4 Grössen ist Ihrer Meinung nach das Maximum der Legendengrösse erreicht?

	Grösse 1	Grösse 2	Grösse 3	Grösse 4
☐	☐	☐	☐	☐

Fragebogen zum zweiten skizzenartigen Prototyp, Seite 2/4:

D4a: Hintergrund der Legende

4a Sie sehen 2 Varianten einer Legende: einmal mit undurchsichtigem Hintergrund und einmal mit leicht transparentem Hintergrund. Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
4a-1	- Undurchsichtiger Hintergrund.	☐	☐	☐	☐	☐
4a-2	- Transparenter Hintergrund	☐	☐	☐	☐	☐
4a-3	- Welche der 2 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	4a-1) undurchsichtig ☐		4a-2) transparent ☐		

D4b: Hintergrund der Legende

4b Sie sehen 2 Varianten einer Legende: einmal mit undurchsichtigem Hintergrund und einmal mit leicht transparentem Hintergrund. Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
4b-1	- Undurchsichtiger Hintergrund.	☐	☐	☐	☐	☐
4b-2	- Transparenter Hintergrund	☐	☐	☐	☐	☐
4b-3	- Welche der 2 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	4b-1) undurchsichtig ☐		4b-2) transparent ☐		

D5: Zugang zum Legendecenter

5 Um zum Legendecenter zu gelangen, sind zwei Möglichkeiten denkbar: gleichberechtigter Zugang über 2 Reiter entweder zur Legende oder zum Legendecenter. Oder ein stufenweiser Zugang mit nur einem Reiter zur einfachen Legende und dann von dort weiter zum Legendecenter. Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
5a	- Gleichberechtigter Zugang.	☐	☐	☐	☐	☐
5b	- Stufenweiser Zugang.	☐	☐	☐	☐	☐
5c	- Welche der 2 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	5a) gleichberechtigter Zugang ☐		5b) stufenweiser Zugang ☐		

D6: Funktionen eines Legendencenters: Farbwahl - Symbolisierung

6 In einem Legendecenter kann die Möglichkeit der Farbwahl oder die der Symbolisierung angeboten werden. Welche Möglichkeit finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
6a	- Farbwahl	☐	☐	☐	☐	☐
6b	- Symbolisierung	☐	☐	☐	☐	☐
6c	- Welche der 2 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	6a) Farbwahl ☐		6b) Symbolisierung ☐		

Fragebogen zum zweiten skizzenartigen Prototyp, Seite 3/4:

D7: Funktionen eines Legendencenters: Symbolisierungsoptionen

7 Um die Symbolisierung durchzuführen, sind 2 Möglichkeiten denkbar: entweder man wählt aus den Symbolisierungsoptionen diejenigen selber aus, welche man durchführen möchte, oder es stehen nach der Auswahl einer Kategorie nur noch diejenigen zur Verfügung, die auch wirklich durchführbar sind. Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
7a	- Selber auswählen.	☐	☐	☐	☐	☐
7b	- Nur durchführbare zur Verfügung.	☐	☐	☐	☐	☐
7c	- Welche der 2 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	7a) selber auswählen ☐		7b) nur durchführbare zur Verfügung ☐		

D8: Funktionen eines Legendencenters: Favorisierung von Farbwahl und/oder Symbolisierung

8 Beim Aufrufen des Legendencenters kann entweder nur die Farbwahl, nur die Symbolisierung oder beide miteinander im Vordergrund stehen (und damit direkt verfügbar sein). Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
8a	- Farbwahl im Vordergrund.	☐	☐	☐	☐	☐
8b	- Symbolisierung im Vordergrund.	☐	☐	☐	☐	☐
8c	- Beide miteinander.	☐	☐	☐	☐	☐
8d	- Welche der 3 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	8a) Farbwahl ☐		8b) Symbolisierung ☐		8c) beide miteinander ☐

D9: Inhalt der Legende der Basiskarte

9 Die Legende der Basiskarte kann unterschiedlich detailliert angezeigt werden. Welche Inhalte erachten Sie als wie sinnvoll?

		gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
9a	- Legende zeigt nur diejenigen Kategorien an, die im Moment auf dem Bildschirmausschnitt sichtbar sind.	☐	☐	☐	☐	☐
9b	- Legende zeigt alle Kategorien, aber die auf dem Bildschirmausschnitt nicht sichtbaren werden abgedimmt.	☐	☐	☐	☐	☐
9c	- Legende zeigt immer alle Kategorien.	☐	☐	☐	☐	☐
9d	- Welche der 3 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	9a) nur sichtbare ☐		9b) nicht sichtbare abgedimmt ☐		9c) immer alle ☐

Fragebogen zum zweiten skizzenartigen Prototyp, Seite 4/4:

D10: Inhalt der Legende des Themas

10 Die Legende des Themas kann unterschiedlich detailliert angezeigt werden. Welche Inhalte erachten Sie als wie sinnvoll?

	gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
10a - Legende zeigt nur diejenigen Kategorien an, die im Moment auf dem Bildschirmausschnitt sichtbar sind.	☐	☐	☐	☐	☐
10b - Legende zeigt alle Kategorien, aber die auf dem Bildschirmausschnitt nicht sichtbaren werden abgedimmt.	☐	☐	☐	☐	☐
10c - Legende zeigt immer alle Kategorien.	☐	☐	☐	☐	☐
10d - Welche der 3 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	10a) nur sichtbare ☐		10b) nicht sichtbare abgedimmt ☐		10c) immer alle ☐

D11: Hinzuschalten von nicht sichtbaren Kartenebenen

11 Bei einer interaktiven Karte stellt sich die Frage, wie neue Kartenebenen (Gewässernetz, Strassen, ...) hinzugefügt werden können:
a) Mit einem separaten Fenster, welches über einen Button in der Legende zugänglich ist, b) innerhalb des Legendenfensters selber, oder c) mit einem separaten Fenster, welches unabhängig von der Legende zugänglich ist. Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

	gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
11a - Separates Fenster über Button in Legende.	☐	☐	☐	☐	☐
11b - Innerhalb des Legendenfensters.	☐	☐	☐	☐	☐
11c - Separates Fenster unabhängig von Legende.	☐	☐	☐	☐	☐
11d - Welche der 3 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	11a) sep.Fenster via Legende ☐		11b) innerhalb Legende ☐		11c) sep.Fenster unabhängig ☐

D12: Kombination von zwei Legenden

12 Wenn zwei Karten übereinander gelegt werden (z.B. tektonische Karte kombiniert mit Karte der Art der Gesteine), können die 2 dazugehörigen Legenden verschieden angeordnet werden. Entweder nebeneinander, mit einem Reiter getrennt, oder übereinander. Welche Variante finden Sie wie sinnvoll?

	gar nicht sinnvoll	weniger sinnvoll	brauchbar	sinnvoll	sehr sinnvoll
12a - Nebeneinander.	☐	☐	☐	☐	☐
12b - Mit Reiter getrennt.	☐	☐	☐	☐	☐
12c - Übereinander.	☐	☐	☐	☐	☐
12d - Welche der 3 genannten Varianten ist Ihr Favorit?	12a) nebeneinander ☐		12b) mit Reiter getrennt ☐		12c) übereinander ☐

D Daten-CD

In untenstehender Tabelle ist eine Übersicht über die auf der Daten-CD gespeicherten Dateien gegeben. Neben den Ordernamen wird eine stichwortartige Inhaltsangabe gemacht.

Ordnername	Inhalt
01 Diplomarbeit	Komplette Diplomarbeit im PDF-Format
01 Skizzen-Prototyp 1	Fragebogen zum ersten skizzenartigen Prototyp (.xls & .pdf) PowerPoint-Präsentation des ersten skizzenartigen Prototyps
03 Skizzen-Prototyp 2	Fragebogen zum zweiten skizzenartigen Prototyp (.xls & .pdf) PowerPoint-Präsentation des zweiten skizzenartigen Prototyps
04 Auswertung Evaluationen	Je ein Unterordner zu jeder Evaluation mit: - Allen Rohdaten der Resultate als SPSS-File (.sav) - Allen Rohdaten der Resultate als Excel-File (.xls), inkl. alle Fragebogen mit Antworten - Allen in SPSS durchgeführten Tests, Syntax und Output
05 SVG-Prototyp	SVG-Hauptdatei und alle zugehörigen Skripts in Unterordnern SVG-Viewer 3.0 und 6.0

