

Ausgabemediengerechte kartographische Visualisierung von Geobasisdaten in einem MI-KIS

Mirjanka LECHTHALER & Alexandra STADLER

Zusammenfassung

Das Informationsmedium Internet bietet eine unvorstellbare Vielzahl an Möglichkeiten zur Visualisierung und Vermittlung von Geobasisdaten (Geometrie- und Sachdaten) und ermöglicht dadurch die Kommunikation raumbezogener Information. Ein wichtiges Einsatzgebiet sind webbasierte, Multimediale und Interaktive Kartographische Informationssysteme (MI-KIS). Dabei dienen die Bildschirmkarten als Benutzerschnittstelle und stellen so ein Geobasisdatenportal dar. Das System soll darüber hinaus dem Benutzer auch die Möglichkeit geben, seine zweckorientierten, personalisierten Kartengestaltungen analog in höchster Qualität auszugeben. Im Sinne der kartographischen Modellbildung ist die Kartengestaltung unter Berücksichtigung technischer Restriktionen des Ausgabemediums – Bildschirm oder Papier – durchzuführen. Ziel ist es, lesbare, d.h. für die visuelle Wahrnehmung erfassbare Karten zu erzeugen. Die Autoren haben einen Weg zur effizienten Gestaltung eines solchen hybriden MI-KIS gefunden. Anhand der beispielhaften Umsetzung korrespondierender Karten für beide Medien wird das Potenzial der auf den ersten Blick banalen, aber doch hintergründigen Idee aufgezeigt.

1 Einleitung

Durch den Einsatz digitaler Technologien kam es in den letzten Jahrzehnten zu einem Wandel in der Kartographie. Die Möglichkeiten der multimedialen und interaktiven Informationsaufbereitung in Kombination mit immer schnelleren und sichereren Formen der Informationsübertragung führen ohne Zweifel zu einer ständig wachsenden Anzahl von Repräsentationen des Georaums [PETERSON 2005]. Dies löste innerhalb der kartographischen „Community“ eine Diskussion über den Paradigmenwechsel in der Kartographie [PETERSON 1995, CARTWRIGHT & PETERSON 1999, ASCHE 2001, KELNHOFER 2004, TAYLOR 2005, u.v.a.] aus.

Kartographische Darstellungen haben die Aufgabe, Rauminformationen in einer wahrnehmbaren und überschaubaren Form so zu vermitteln, dass unterschiedliche räumliche Ausprägungen von Objekten und/oder Sachverhalten für den Kartennutzer erkennbar werden [BUTTENFIELD & MACKANESS 1992]. Eine Grundvoraussetzung für die Erfüllung dieser Aufgabe ist die maßstäbliche Verkleinerung des Georaumes, welche Auswirkungen auf die kartographische Visualisierung der Geobasisdaten in Form einer geeigneten Definition des Zeichenschlüssels hat. Abhängig vom Grad dieser Verkleinerung kann die Grundrissform einzelner Objekte nicht mehr erhalten werden. Dies führt vorerst zu Formvereinfachungen und im weiteren Verlauf zur Verwendung vordefinierter Signaturen. Die Größe der Signaturen richtet sich nur bedingt nach der Größe des wahren Objektes und

führt somit zu einer Abweichung vom Kartenmaßstab. Durch die relative Vergrößerung verliert man wertvollen Kartenraum und ist folglich zur Aggregation bzw. Selektion entsprechender Objekte bzw. Sachverhalte gezwungen. Diese Abweichungen von Grundrisstreue, Maßstäblichkeit und Vollständigkeit als Folgen der kartographischen Generalisierung und Visualisierung stellen den einzig möglichen Weg dar, lesbare Karten in unterschiedlichen Maßstäben zu erzeugen [KELNHOFER 1996]. Daraus ergibt sich das Basiskonzept der Kartographie: Die Abstraktion des Georaums unter Verwendung einer abstrakten Visualisierungsform, die an allgemein gebräuchliche Begriffe und Konventionen gebunden ist [KELNHOFER 2000].

Durch den Technologiewandel in der Kartographie kam es zu Veränderungen in den Gestaltungs- und Kommunikationsmöglichkeiten bis hin zu einer Individualisierung des Informationsangebotes [GARTNER 2005] sowie der Informationsakquirierung. Die Bedeutung des Basiskonzeptes der Kartographie ist dabei unverändert geblieben. Hauptziel der kartographischen Gestaltung ist es, dem Benutzer eines multi-medialen interaktiven kartographischen Informationssystems (MI-KIS) über die Karten den räumlichen Kontext in all seiner Komplexität lesbar und leicht zu vermitteln.

Die Karte dient als graphische Benutzeroberfläche und Benutzerschnittstelle im MI-KIS. Über einzelne Elemente der Kartengraphik werden mittels eingebauter interaktiver Systemfunktionalitäten Zugriffe auf die Geobasisdaten ermöglicht. Darüber hinaus werden dem Benutzer System-, Analyse-, Monitoring- und Visualisierungswerkzeuge zur Verfügung gestellt. Diese sollen ihn bei der themenspezifischen Erstellung von mono-/polyvariablen Datenbankabfragen, -verknüpfungen und -analysen sowie bei der individuellen Gestaltung „seiner“ Karten unterstützen.

Die ersten digitalen Kartographischen Informationssysteme (KIS) waren – vor allem bezüglich der Lesbarkeit der dargestellten Geoinformation – noch nicht ausgereift. Die implementierten Karten waren oft nur eingescannte (digital transformierte) konventionelle Karten, die durch die geringere Auflösung des Bildschirms nur noch erschwert lesbar waren. Die hohe graphische Qualität, die man in gedruckten Karten durch den Einsatz geeigneter Technologien der Repräsentation gewohnt ist, kann auf diesem Weg nicht erreicht werden. Grund dafür sind die technischen Restriktionen des Bildschirms, die zu Deformationen der graphischen Grundelemente führen.

Die Anwendung einer bildschirmgerechten Kartengraphik nimmt mehr Kartenraum in Anspruch. Somit hat sie Auswirkungen auf den darstellbaren Informationsinhalt der MI-KIS Karte. Dieses Manko ist heute durch den Einbau von Interaktionsmöglichkeiten aufgehoben worden. Sie erlauben dem Benutzer, das System in all seiner Tiefe zu erforschen.

Parallel dazu soll das System dem Benutzer ermöglichen, sein zweckorientierten, personalisiertes Kartengestaltungen auch analog in höchster Qualität auszugeben. Dieser Dualmodus erfordert eine „Cross Media“-gerechte Kartengraphik, welche den eigentlichen Anlass zur Verfassung dieses Artikels gegeben hat.

2 Grundkonzept und Charakteristika eines MI-KIS

Das zentrale Element eines MI-KIS sind kartographische Modelle, deren graphische Gestaltung sich nach dem Zeichenschlüssel richtet und somit dem Maßstab und dem Ausgabemedium angepasst ist. Durch das Informations-, Präsentations- und Funktionalitätenportal des Systems sollen verschiedenen Benutzergruppen sinnvolle kartographische Visualisierungen (Karten sowie ergänzende Graphiken, Tabellen und Texte) der aktuellen Geobasisdaten in Echtzeit angeboten werden. Bei der Redaktion eines MI-KIS ist darauf zu achten, dass, wie CARTWRIGHT & PETERSON [1999] und CARTWRIGHT [2005] und behaupten, Multimedialität als neue Ausdrucksform und Interaktivität als neue Art der Informationserschließung einer rasanten Entwicklung unterliegen. Dies führt dazu, dass häufig eigene Regeln und die eigene Grammatik durchbrochen werden, das kartographische Basiskonzept bleibt aber unverändert.

Während des kartographischen Modellbildungsprozesses [LECHTHALER 2005] werden nur in Ausnahmefällen Primärdaten direkt in die kartographischen Modelle eingebunden (z.B. Darstellung von Luft- oder Satellitenbildern als eigene Kartenebene) [EYMANN und SCHÖNE 2006]. In der Regel werden die Geobasisdaten lediglich als Geometrie- und Sachdatengrundlage für die Bildung der Sekundärmodelle basierend auf den Prinzipien kartographischer Visualisierung (Abb. 1) verwendet.

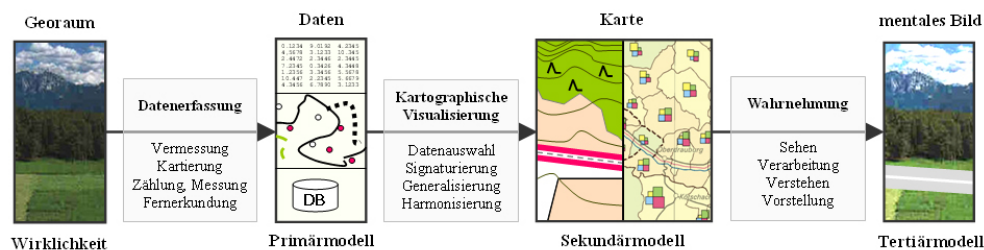


Abb. 1: Die Bedeutung von Primär-, Sekundär- und Tertiärmodell im kartographischen Modellbildungs- bzw. Kommunikationsprozess.

Da zum jetzigen Zeitpunkt noch keine vollautomatische Generalisierung möglich ist [SESTER ET AL. 2004, WEIBEL 2004], können entsprechende Multi-Resolution/Representation-Databases (MRDB) nicht automatisch abgeleitet werden [STADLER 2004]. Das System sollte daher über eine Reihe vordefinierter bildschirmgerecht visualisierter Sekundärmodelle verfügen, die dem Benutzer in Form einer Maßstabsreihe zur Verfügung gestellt werden. Die Geometrie der Kartenobjekte (definiert über Kartenkonstruktionskoordinaten) wird durch Generalisierungsmaßnahmen unweigerlich verändert und unterscheidet sich dadurch oft deutlich von den Koordinaten der Geobasisdaten [KELNHOFER 1996]. Das bedeutet, dass in einem MI-KIS verschiedene Geometrien in einer Datenbank vorgehalten werden müssen.

Die so für den jeweiligen Maßstab konstruierte Kartengeometrie dient als graphische Benutzeroberfläche und Benutzerschnittstelle im MI-KIS. Als Benutzeroberfläche übernimmt die Karte eine Leit- und Organisationsfunktion bei der Suche nach angebotenen Funktionalitäten [HURNI 2005]. Als Benutzerschnittstelle erlaubt sie über benutzerspe-

zifische Abfragen und entsprechende Datenvisualisierung den Zugang zu primären, in Datenbanken gespeicherten Geobasisdaten und weiterführenden fachspezifischen Informationen [ORMELING 1993, LECHTHALER 2004a, PERSSON ET AL. 2005, STADLER 2004]. Der Zugang zu diesen Daten kann entlang vordefinierter Pfade oder individuell erfolgen.

3 Grundregeln bildschirmgerechter Visualisierung

Voraussetzung für die breite Akzeptanz des MI-KIS und die möglichen interaktiven Systemzugriffe zu den Geobasisdaten über die Karte ist die Anwendung einer klaren, lesbaren, dem Maßstab und den technischen Anforderungen des Ausgabemediums angepassten Kartengraphik [HURNI 2005].

Bei der Festlegung von Zeichenschlüsseldefinitionen für Papierkarten kann man auf eine langjährige Erfahrung zurückgreifen. Beim Ausgabemedium Bildschirm ist die Erfahrung nicht so groß. Hätte man einen Bildschirm mit der Auflösung einer analogen Karte vor sich, könnte man für die digitale Präsentation einen Zeichenschlüssel für die Printausgabe verwenden. Doch durch die „grobe“ Auflösung des Bildschirms führt die Verwendung dieser Mindestdimensionen zu nicht vernachlässigbaren Deformationen des Kartenbildes. Darstellungen hoher graphischer Dichte sind nur noch teilweise lesbar. Somit muss der Zeichenschlüssel für die Visualisierung am Bildschirm den technischen Restriktionen dieses Mediums angepasst werden.

3.1 Technische Restriktionen des Bildschirms als Ausgabemedium für kartographische Anwendungen

Wird eine Karte am Bildschirm dargestellt, müssen die geräteunabhängigen Bildpunkte (Pixel), aus denen die Graphik intern aufgebaut ist, mittels Loch-, Streifen- oder Schlitzmasken in Bildelemente (Ausgabepixel) umgewandelt werden. Die Anzahl dieser Bildelemente wird als Auflösung des Bildschirms bezeichnet und stellt die eigentliche technische Restriktion dieses Mediums dar [MALIĆ 1998, NEUDECK 2001]. LECHTHALER & STADLER [2006a] haben ausführlich die bildschirmgerechte kartographische Visualisierung der Geobasisdaten in Abhängigkeit von der Bildschirmauflösung, Bildelementform, Bildstörung, Farbtiefe und Bildwiederholrate analysiert.

Durch die Anwendung einer entsprechenden bildschirmgerechten Kartengraphik können die Bildstörungen, hervorgerufen durch die technischen Restriktionen des Bildschirms, gering gehalten werden. Ziel ist es, ein attraktives Kartenbild zu schaffen und somit die Akzeptanz bei den Benutzern zu steigern. Für die Attraktivität entscheidend ist, dass:

- die durch die Kartengraphik übertragenen Karteninformationen eine Bilddichte ergeben, welche gut wahrnehmbar bzw. lesbar ist,
- die Darstellungen mit möglichst feiner graphischer Auflösung aufgebaut sind, die dem Ausgabemedium angepasst ist,
- die Signaturen gut differenzierbar sind,
- eine harmonische Farbgebung verwendet wird und
- die Darstellungen ein gutes, überzeugendes Layout aufweisen.





Um die Einhaltung dieser Kriterien zu garantieren, ist es notwendig, graphische Mindestdimensionen für die Darstellung am Bildschirm einzuführen und Signaturierungsvorschläge im Hinblick auf Farb- und Schriftwahl sowie die Verwendung von Formen und Mustern zu erarbeiten [LECHTHALER 2005, LECHTHALER & STADLER 2006a].

3.2 Graphische Mindestdimensionen der bildschirmgerechten kartographischen Visualisierung

Als graphische Mindestdimensionen bezeichnet man Mindestwerte zur Wahrnehmung (Auffassbarkeit, Lesbarkeit) eines Kartenzeichens bzw. eines graphischen Elements im Bezug auf seine Größe und seinen Abstand von einem anderen Kartenzeichen unter normalen Wahrnehmungsbedingungen [BOLLMANN & KOCH 2002].

Die Größe der geräteabhängigen Bildelemente (Ausgabepixel) beträgt zwischen 0,2 mm x 0,2 mm und 0,4 mm x 0,4 mm. Als Umrechnungsfaktor zwischen der Anzahl an Ausgabepixel und dem Platzbedarf am Bildschirm wurde der typographische Punkt (1 pt = 0,375 mm) eingeführt. Vergleicht man die so definierte durchschnittliche Bildschirmauflösung mit der durchschnittlichen Druckauflösung von 0,1 mm, so ergibt sich eine etwa 4 mal gröbere Auflösung des Mediums Bildschirm in Bezug zum Medium Papier. Daraus ergibt sich, dass die Mindestdimensionen für den Bildschirm 4 mal größer als für gedruckte Karten angesetzt werden müssen. Die minimale Linienstärke beispielsweise beträgt am Papier 0,1 mm und entspricht damit der Druckauflösung. Setzt man die Linienstärke am Bildschirm mit der Bildschirmauflösung gleich, so muss sie 0,4 mm betragen. Diese und weitere wichtige Mindestdimensionen sind in Tab.1 aufgeführt.

Tab. 1: Graphische Mindestdimensionen für Papier und Bildschirm (nach Malić [1998], Neudeck [2001]).

	Minstdimensionen für Papier		Minstdimensionen für den Bildschirm		
Strichstärke	0,1 mm		1 pt	0,4 mm	
Linienabstand	0,2 mm		2 pt	0,8 mm	
Quadrat, voll	0,3 mm	·	3 pt	1,1 mm	■
Kreisscheibe, voll	0,4 mm	·	4 pt	1,5 mm	●
Rechteck, voll	0,3 mm x 0,6 mm	-	3 pt x 6 pt	1,1 mm x 2,3 mm	■
Schrift horizontal	5 pt = 1,9 mm	Schrift	10 pt	3,8 mm	Verdana
Schrift gebogen	7 pt = 2,6 mm	Schrift	14 pt	5,3 mm	Verdana

3.3 Zeichenschlüssel für die bildschirmgerechte Visualisierung topographischer Inhaltsebenen

Unter Berücksichtigung der Grundregeln bildschirmgerechter Visualisierung wurde von den Autoren ein Zeichenschlüssel für die Basiskarte (größte Maßstabsebene) eines MI-KIS entwickelt (Tab. 2) [LECHTHALER & STADLER 2006a]. Ziel ist es, für die topographischen

Inhaltselemente eine maßstabsangepasste, kartographisch aufbereitete Darstellung am Bildschirm zu gewährleisten.

Tab. 2: Zeichenschlüssel für die Basiskarte im Maßstab 1:250k.

Inhaltsebenen Reihenfolge nach Hierarchie	Stil, Dimensionen (1 pt = 0,375 mm)	RGB-Farben (Hexadezimal- / Dezimalcode)
Städte – Signaturen:		
<10.000	Quadrat 5 pt = 1,9 mm	#000000 = 0, 0, 0
10.000 – unter 50.000	Quadrat 9 pt = 3,4 mm	#000000 = 0, 0, 0
50.000 – unter 150.000	Quadrat 14 pt = 5,3 mm	#000000 = 0, 0, 0
150.000 – unter 1.000.000	Quadrat 20 pt = 7,5 mm	#000000 = 0, 0, 0
>1.000.000	Quadrat 27 pt = 10,1 mm	#000000 = 0, 0, 0
Städte – Schrift:		
Allgemein	Verdana, 10 pt, fett	#000000 = 0, 0, 0
Landeshauptstädte	Verdana, 12 pt, fett, unterstrichen	#000000 = 0, 0, 0
Bundeshauptstädte	Verdana, 12 pt, fett, unterstrichen, Großbuchstaben	#000000 = 0, 0, 0
Straßen:		
Autobahn	Mittellinie: 4,5 pt = 1,7 mm Band: 9 pt = 3,4 mm	FFFF00 = 255, 255, 0 FF3333 = 255, 51, 51
Bundesstraße	4 pt = 1,5 mm	#009900 = 0, 153, 0
Schnellstraße	2 pt = 0,8 mm	FF3333 = 255, 51, 51
Eisenbahn:	punktiert 4 pt = 1,5 mm	#000000 = 0, 0, 0
Gewässer:		
Flüsse	1,5 – 4 pt = 0,6 – 1,5 mm	#3366FF = 51, 102, 255
Seen	Flächenfüllung (ohne Randlinie)	#6699FF = 102, 153, 255
Grenzen:		
Staaten	Mittellinie: 2 pt = 0,8 mm Band: 14 pt = 5,3 mm	#666666 = 102, 102, 102 #CCCCCC = 204, 204, 204
Bundesländer	Mittellinie: 2 pt = 0,8 mm Band: 9 pt = 3,4 mm	#666666 = 102, 102, 102 #CCCCCC = 204, 204, 204
Bezirke	Mittellinie: 2 pt = 0,8 mm Band: 5 pt = 1,9 mm	#666666 = 102, 102, 102 #CCCCCC = 204, 204, 204
Gemeinden	2 pt = 0,8 mm	#CCCCCC = 204, 204, 204
Dauersiedlungsraum:	Flächenfüllung (ohne Randlinie)	#FFCC99 = 255, 204, 153
Österreich:		
Staatsfläche (Österreich)	Flächenfüllung	FFF0CC = 255, 255, 204
ToolTips:		
administrative Einheiten (jeweils die kleinste)	Verdana, 10 pt, fett	#000000 = 0, 0, 0
Gewässer (Flüsse, Seen)	Verdana, 10 pt, fett	#3366FF = 51, 102, 255
Nachbarländer	Verdana, 10 pt, fett, Großbuchstaben	#000000 = 0, 0, 0

Die Farbwahl beruht auf der Palette indizierter Webfarben, die Intensitätswerte für die additiven Grundfarben Rot, Grün und Blau (RGB) sind jeweils in Hexadezimal- und Dezimalcode aufgeführt. Um eine bessere Vorstellung von der Signaturierung zu bekommen, sind die entsprechenden Werte bzw. Tabellenfelder farblich kodiert.

4 Bildschirmgerechte kartographische Visualisierung der Geobasisdaten in einem MI-KIS

In Abb. 2 wird unter Verwendung des eben vorgestellten Zeichenschlüssels die kartographische Gestaltung der Geobasisdaten in verschiedenen Maßstäben einer Maßstabsreihe (1:250k, 1:500k, 1:1Mio) vorgestellt [LECHTHALER & STADLER 2006b].

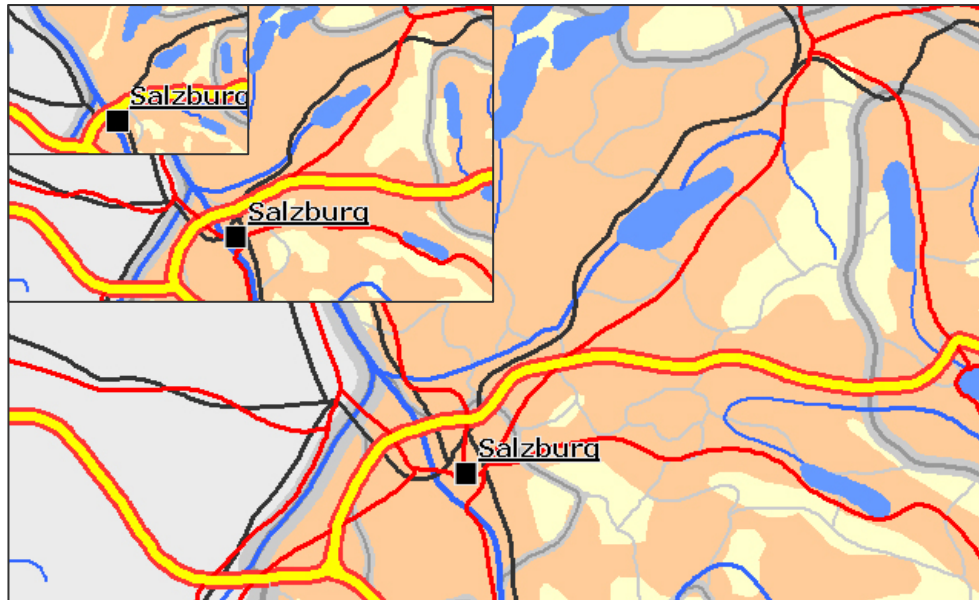


Abb. 2: Bildschirmgerechte Visualisierung der Geobasisdaten in einer Maßstabsreihe 1:250k (Basiskarte), 1:500k und 1:1Mio.

Aufgebaut wurde die Maßstabsreihe durch stufenweise Datenauswahl, Signaturierung, Generalisierung und Harmonisierung der Elemente der Basiskarte. Dadurch verändert sich der Detaillierungsgrad zwischen den einzelnen Maßstäben deutlich. Die hierarchisch korrekte Darstellung sich in der Natur überlagernder Objekte (im Sinn von Unter- bzw. Überführungen) wurde bei der Erstellung dieses Vorschlages noch nicht beachtet.

5 Hochwertige Printkarten als Parallelprodukt in einem MI-KIS

Neben der Darstellung am Bildschirm verlangt der moderne Benutzer auch nach einer analogen Ausgabe. Nachdem nichts gegen die Verwendung bildschirmgerechter Graphik auch für den Druck spricht, entstand die Idee, die Printkarte direkt aus der bildschirmgerechten Karte abzuleiten [LECHTHALER & STADLER 2006a]. Wie vorher beschrieben, ist die Auflösung des Bildschirms etwa 4-mal größer als die gedruckter Karten. Die Bildschirmkarte kann daher in 4-facher Verkleinerung (also mit 4-mal so hoher Auflösung und 4-mal so kleinem Maßstab) als Printkarte ausgegeben werden (Abb. 3).

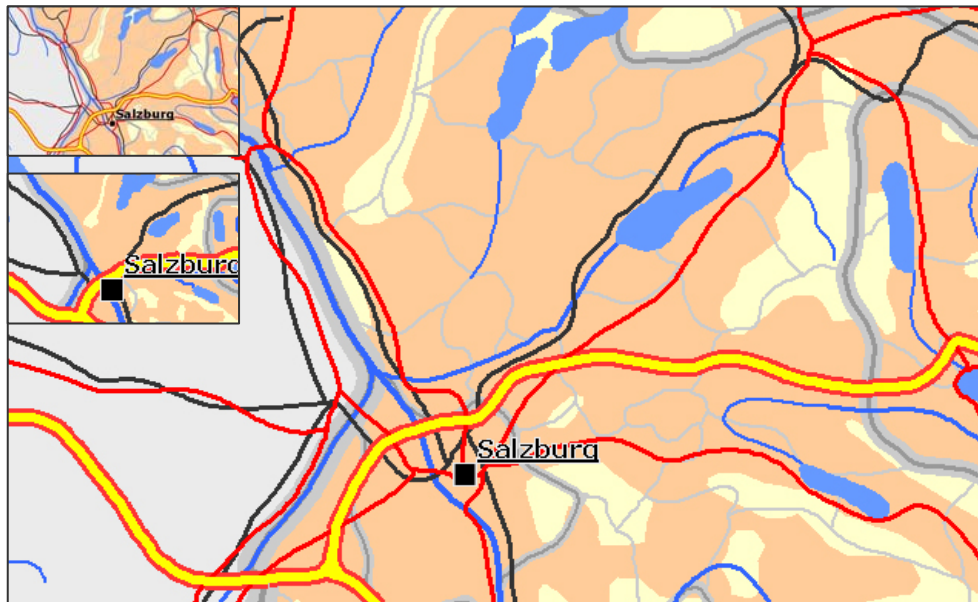


Abb. 3: Mediengerechte Visualisierung der Geobasisdaten; Bildschirmkarte 1:250k (100dpi) und korrespondierende Printkarte 1:1Mio (400dpi, links oben); im Vergleich dazu Bildschirmkarte 1:1Mio (100dpi, links Mitte).

Lediglich bei der Verkleinerung der Schrift ist Vorsicht geboten. Um in der gedruckten Karte noch lesbar zu bleiben, darf diese nur auf etwa halbe Größe zusammengezogen werden und nimmt damit relativ gesehen wesentlich mehr Kartenraum in Anspruch als in der korrespondierenden Bildschirmkarte. Die Ermittlung von Gründen für dieses Verhalten ist Teil unserer zukünftigen Forschungsarbeiten.

6 Fazit

Angelangt im 21. Jahrhundert, stehen wir vor dem Internet als idealer Plattform zur Übermittlung der Geobasisdaten. Aber genau dadurch ist auch Vorsicht geboten: Die neuen Webtechnologien und die geringen Beschaffungskosten notwendiger Software bieten beinahe jedermann die Chance, eigene Geoinformationsvisualisierungen zu veröffentlichen – auch jenen ohne kartographische Vorkenntnisse. Es ist daher wichtiger denn je, sich abzuheben, indem man das Verständnis für das Ausgabemedium Bildschirm mit all seinen Restriktionen und den Prozess sowie die Methoden der kartographischen Modellgenerierung in den Vordergrund stellt. Für den modernen Kartographen ist es notwendig, sich in folgenden Bereichen besonders zu profilieren:

- Definition einer dem Ausgabemedium gerechten Visualisierung von Geobasisdaten in Form kartographisch aufbereiteter Sekundärmodelle,

- Umsetzung neuer Präsentationsformen zur interaktiven und multimedialen Informationswiedergabe und
- Aufbringen eines tiefen Verständnisses für den kartographischen Kommunikationsprozess (von der Datenakquirierung bis zur adäquaten Datenvermittlung).

Um die technischen Restriktionen des Ausgabemediums Bildschirm zu überwinden, müssen beim Aufbau des MI-KIS nicht nur genaue Richtlinien für die Gestaltung der Kartographik erstellt, sondern auch Interaktionsmöglichkeiten definiert werden, die eine Exploration des Systems zulassen.

Die meisten Benutzer erwarten heutzutage neben der Darstellung am Bildschirm auch eine analoge Ausgabe. Die Autoren haben gezeigt, dass unter Beibehaltung der Prinzipien maßstabsabhängiger, kartographischer Datenaufbereitung auf einfache Art und Weise ein MI-KIS mit „Cross-Media“-gerechter Kartographik erstellt werden kann.

7 Literatur

- Asche, H. (2001): Kartographische Informationsverarbeitung in Datennetzen – Prinzipien, Produkte, Perspektiven. In: Herrmann, Ch. und H. Asche (Hrsg.): Web.Mapping 1. Heidelberg, Wichmann. S. 3 – 18.
- Bollmann, J. u. W. G. Koch (2002): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Heidelberg, Spektrum.
- Buttenfield, B.P. & W.A. Mackaness (1992): Visualization. In: Maguire, D.J., M.F. Goodchild & D.W. Rhind (Hrsg.): Geographical Information System. New York, Vol. 1, S. 427 – 433.
- Cartwright, W. (2005): Exploring the use of a Virtual Map Shop as an Interface for Accessing Geographical Information. In: Stefanikis, E., M.-P. Peterson, C. Armeçanis & V. Delis (Hrsg.): Geo-Hypermedia'05, Proceedings of the 1. International Workshop on Geographic Hypermedia, Denver, Colorado, U.S.A.
- Cartwright, W. & M.P. Peterson (1999): Multimedia Cartography. In: Cartwright, W., M.P. Peterson & G. Gartner (Hrsg.): Multimedia Cartography. Springer, Berlin. 1 – 10.
- Eymann, G. & A. Schöne (2006): Visualisierung von Geodaten in meteorologischen Anwendungen des Deutschen Wetterdienstes. In: Doth, J. & W.-D. Rase: Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung, GEOVIS 2006, Potsdam. Kartographische Schriften, Kirschbaum, Bonn. B.10, S.133 – 141.
- Fraser Taylor, D. -R. (2005): The Theory and Practice of Cybercartography: an Introduction. In: Fraser Taylor, D. -R. (Hrsg.): Cybercartography: Theory and Practice. Amsterdam, Elsevier. 1 – 15.
- Gartner, G. (2005): Individualisierung in der Kartographie am Beispiel der Siedlungsselektion. . KN, 4, S. 181 – 187.
- Hurni, L. (2006): Anwendung kartographischer Medien im Rahmen aktueller I+K-Technologien. KN, 5, S. 244 – 250.
- Kelnhofer, F. (1996): Geographische und / oder Kartographische Informationssysteme. In: Hurni, L.: Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien. Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 96. 45. Deutscher Kartographentag,

- Kartographische Publikationsreihe der Schweizerischen Gesellschaft für Kartographie. 14, S. 9 – 26.
- Kelnhofer, F. (2004): Mediale Dichotomie in der thematischen Kartographie – eine notwendige Konsequenz „moderner Kartographie“? In: Kainz, W., K. Kriz u. A. Riedl (Hrsg.): Aspekte der Kartographie im Wandel der Zeit. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien. 16, S. 190 – 197.
- Lechthaler, M. (2004a): The relevance of cartographic scale in interactive and multimedia cartographic information systems. In: Lapaine, M. (Hrsg.): Kartografija i geoinformacije. Scientific and Professional Information Journal of the Croatian Cartographic Society. S. 6 – 20.
- Lechthaler, M. (2005): Bildschirmgerechte kartographische Visualisierung der Geobasisdaten in digitalen Atlas Informationssystemen. In: Strobl, J., G. Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2005, Beiträge zum 17. AGIT-Symposium, Salzburg. S. 402 – 412.
- Lechthaler, M. & A. Stadler (2006a): “Cross Media” gerechte Kartengraphik in einem AIS. In: Schrenk, M. (Hrsg.): Geo-Multimedia 06. 11. Internationale Konferenz zu Stadtplanung und Regionalentwicklung in der Informationsgesellschaft, CORP 2006.
- Lechthaler, M. & A. Stadler (2006b): Cross-Media Publishing over Scales. In: Proceedings (CD) International Conference on Cartography and GIS. Borovets, Bulgarien.
- Malić, B. (1998): Physiologische und technische Aspekte kartographischer Bildschirmvisualisierung. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn. Druck- und Werbegesellschaft M. B. H., Bonn.
- Neudeck, S. (2001): Zur Gestaltung topografischer Karten für die Bildschirmvisualisierung. Dissertation, Universität der Bundeswehr München, Heft 74.
- Ormeling, F. (1993): „Adriadne’s thread – structure in multimedia atlases. In: Mesenburg, P. (Hrsg.): Proceedings of the 16th International Cartographic Association Conference Köln. S. 1093 – 1100.
- Persson, D., G. Gartner & M. Buchroithner (2005): Towards Typology of Interactivity Functions for Visual Map Exploration. In: Stefanikis, E., M.-P. Peterson, C. Armeçanis & V. Delis (Hrsg.): Geo-Hypermedia’05, Proceedings of the 1. International Workshop on Geographic Hypermedia, Denver, Colorado, U.S.A.
- Peterson, M. P. (2005): From Internet to Mobile Mapping: Contrasts in Development. In: Gartner, G. (Hrsg.): Proceedings of Symposium Location Based Services & Telecartography. Geowissenschaftliche Mitteilungen. Technische Universität Wien. 74, S. 9 – 15.
- Sester, M., K. Kreimeke, u. F. Thiemann (2004): Automatische Generalisierung raumbezogener Datenbestände. KN, 4, S. 159 – 164.
- Spiess, E., U. Baumgartner, S. Arn u. C. Vez (2002): Topographische Karten, Kartengraphik und Generalisierung. Schweizerische Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.). Kartographische Publikationsreihe Nr. 16.
- Stadler, A. (2004): Verknüpfung korrespondierender Kartenelemente im Hinblick auf automatisierte Fortführung. Diplomarbeit, Institut für Geoinformation und Kartographie, Forschungsgruppe Kartographie, TU Wien.