

## “Cross Media” gerechte Kartengraphik in einem AIS

Mirjanka LECHTHALER, Alexandra STADLER

(Dr. Mirjanka Lechthaler & Dipl. Ing. Alexandra Stadler, Technische Universität Wien • Institut für Geoinformation und Kartographie •  
Forschungsgruppe Kartographie, Erzherzog Johann Platz 1, A 1040 Wien, [lechthaler@tuwien.ac.at](mailto:lechthaler@tuwien.ac.at) & [alex\\_stadler@gmx.at](mailto:alex_stadler@gmx.at))

### 1 KURZFASSUNG

Wirft man einen genaueren Blick auf die technischen Restriktionen und Signaturierungsregeln der Ausgabemedien Papier und Bildschirm, eröffnen sich interessante Details. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen haben die Autoren einen Weg zur effizienten Gestaltung eines hybriden AtlasInformationSystems gefunden. Anhand der beispielhaften Umsetzung zweier korrespondierender Karten für die beiden Medien wird das Potenzial der auf den ersten Blick banalen, aber doch hintergründigen Idee aufgezeigt.

### 2 EINLEITUNG

Das Informationsmedium Internet gewinnt für die Kartographie und kartographischen Anwendungen immer mehr an Bedeutung. Es bietet eine unvorstellbare Vielzahl an Möglichkeiten zur Visualisierung von Geobasisdaten (Geometrie- und Sachdaten) und der darauf basierenden Vermittlung raumbezogener Informationen. Ein wichtiges kartographisches Einsatzgebiet sind regionale, nationale und globale webbasierte Informationssysteme in Form von multimedialen und interaktiven AtlasInformationSystemen (AIS).

Bei der Redaktion eines entsprechenden Kartenwerkes ist darauf zu achten, dass, wie Cartwright et al. [1999] behaupten, Multimedialität eine neue Ausdrucksform ist, deren rasante Entwicklung dazu führt, dass ständig eigene Regeln und Grammatik durchbrochen werden. Durch das Informations-, Präsentations- und Funktionalitätenportal des Systems sollen verschiedenen Benutzergruppen sinnvolle kartographische Visualisierungen (Karten, Graphiken, Tabellen, Texte) der aktuellen Geobasisdaten in Echtzeit angeboten werden.

Die Karte dient als graphische Benutzeroberfläche und Benutzerschnittstelle im AIS. 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, die ihn bei der themenspezifischen Erstellung von mono- / polyvariablen Datenbankabfragen, -verknüpfungen und -analysen sowie der individuellen Gestaltung „seiner“ Karten unterstützen sollen. Besonders wichtig ist dabei, seitens des Systems nur sinnvolle Interaktionen zuzulassen, dies jedoch unsichtbar zu tun, auf dass sich der Benutzer nicht eingeschränkt fühlt. Diese Form der Systemnavigation kann als „restriktiv-flexibel“ [Gartner et al. 2005] bezeichnet werden.

Voraussetzung für die breite Akzeptanz des Systems und die möglichen interaktiven Systemzugriffe über die Karte ist die Anwendung einer klaren, lesbaren, dem Maßstab und den technischen Anforderungen des Ausgabemediums angepassten Kartengraphik. Bei der Festlegung von Zeichenschlüsseldefinitionen für Papierkarten kann man auf eine langjährige Erfahrung zurückgreifen.

Beim Ausgabemedium Bildschirm ist die Erfahrung nicht so groß. Die ersten elektronischen Atlanten waren - vor allem was die Lesbarkeit der dargestellten Geoinformation betrifft - noch nicht ausgereift. Die implementierten Karten waren oft nur eingescannte (digital transformierte) konventionelle Atlaskarten, die durch die geringere Auflösung des Bildschirms nur noch erschwert lesbar waren. Die hohe graphische Qualität, die man in gedruckten Atlaskarten durch den Einsatz geeigneter Technologien der Reprotechnik gewohnt war, konnte auf diesem Weg nicht erreicht werden. Grund dafür waren die technischen Restriktionen des Bildschirms, die zu Deformationen der graphischen Grundelemente führen.

Abhilfe schafft die Verwendung einer angepassten Kartengraphik. Dabei müssen folgende Punkte überlegt werden:

Definition der graphischen Mindestdimensionen (Größe / Strichstärke und Abstand) von Kartengraphik und Schrift in Abhängigkeit von Ausrichtung und Form,

Wahl der Grundelemente der graphischen Darstellung (Punkt, Linie, Fläche, Signatur, Schrift) und

Wahl / Kombination der graphischen Variablen (Größe, Form, Farbe, Orientierung, Helligkeit und Muster).

Diese Aufzählung ist speziell auf thematische Karten ausgelegt, hat aber auch für topographische Daten, auf deren Visualisierung sich die Autoren im weiteren Verlauf konzentrieren möchten, durchaus Berechtigung.

Die Anwendung der bildschirmgerechten Kartengraphik nimmt mehr Kartenraum in Anspruch. Somit hat sie Auswirkungen auf den visualisierten Informationsinhalt der Atlaskarte. Durch den Einbau von Interaktionsmöglichkeiten wird dem Benutzer allerdings keine Information mehr vorenthalten – im Gegenteil: er findet ein komplettes System vor, das er in all seiner Tiefe erforschen darf.

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

### 3 VOM TRADITIONELLEN PAPIERATLAS ZU MULTIMEDIALEN, INTERAKTIVEN AIS



Der Begriff „Atlas“<sup>1</sup> wurde zum ersten Mal von Gerhard Kremer (1512-1594, besser bekannt unter dem Pseudonym Mercator) für eine Kartensammlung verwendet. Es handelte sich um den 1585 erschienenen „Atlas sive Cosmographicae Meditationes de Fabrica Mundi et Fabricati Figura“ (Titelblatt siehe Abb. 1), der aus 74 Karten bestand. Laut Definition des Lexikons für Kartographie und Geomatik [Bollmann et al. 2002] verfolgt ein Atlas das Ziel einer zweckorientierten, systematischen Zusammenstellung von Karten in Buchform, als lose Folge von Einzelblättern oder als Datei für die elektronische Präsentation am Bildschirm (in dieser Form auch als AIS bezeichnet). Ein Atlas mit seinem lokalen, regionalen oder globalen Charakter bietet neben den essentiellen Karten sowohl statische Informationen wie Texte, Tabellen, Bilder und Graphiken sowie computerunterstützt auch dynamische Elemente wie Sprache, Ton, Animation und Video an (Multimedialität).

Die Strukturierung dieser Information erfolgt unter Berücksichtigung vorgegebener Zielsetzungen [Kraak et al. 1996]. Vordergründiges Ziel ist es, räumliche Objekte bzw. ganze Regionen darzustellen und den Zusammenhang mit einem weiten Spektrum an thematischer Zusatzinformation aufzuzeigen. Besonders wichtig ist die Vermittlung räumlicher Strukturen im Bereich physischer, temporaler, sozioökonomischer und humaner Umwelt.

Atlanten gehören zu den ersten kartographischen Produkten, mit denen man in Berührung kommt, da sie wesentlicher Bestandteil des Geographieunterrichtes in der Schule sind. Laut Kraak [2001] handelt es sich um eines der meist verbreitetsten und typischsten kartographischen Produkte.

Abbildung 1: Titelblatt zum „Atlas sive Cosmographicae Meditationes de Fabrica Mundi et Fabricati Figura“ [URL1]

Nach Ormeling [2001] ist ein Atlas immer:

ein überlegenes Speichermedium, unabhängig vom momentanen Technologiestand (Papier-/digitale Atlanten), eine bewusste Kombination von Karten, welche durch die Reihenfolge der abgebildeten Gebiete und die Themenauswahl räumliche Zusammenhänge, Vergleiche und zeitabhängige Szenarien ermöglicht und ein Explorationsmedium, welches Erkenntnisse über eine weit entfernte Wirklichkeit vermittelt.

#### 3.1 Einteilung von Atlanten

Gerade ein so weit verbreitetes Produkt lässt Einteilungen nach vielen formalen Kriterien zu:

*Ausgabemedium / Präsentationsform:* Papier-, taktile, digitale und Multimedia-Atlanten

*Inhalt / Zweck:* topographisch-, komplex-thematische Atlanten<sup>2</sup>, Fachatlanten (wie historische, zoologische, botanische Atlanten etc.), Bildatlanten

*Ausgabeformat / Umfang des Inhalts:* Welt-, Buch-, Hand-, Taschenatlanten

*Benutzergruppenanpassung:* prominentestes Beispiel: Schulatlanten, aber auch für spezielle Interessensgruppen wie Wanderer, Radfahrer etc.

Ramos et al. [2005] identifizieren in diesem Zusammenhang Charakteristika der jeweils angepassten Atlanten: Bildung, Navigation, Raumplanung, Verwaltung, Beobachtung.

*Darstellungsgebiet:* Stadt-, Regional-, National-, Welt-, Mond-, Universum-Atlanten

In direktem Zusammenhang mit dem darzustellenden Gebiet steht auch der Maßstab des Atlases (bezogen auf das jeweilige Ausgabeformat). Das Wort „Atlas“ wird normalerweise mit einem sehr kleinen Maßstab in Verbindung gebracht [Keates 1989, Hake et al. 2002], wie man an der Liste der möglichen Darstellungsgebiete aber sehen kann, sind auch durchaus großmaßstäbige Atlanten auf dem Markt (Stadtatlas).

Neben dieser traditionellen Einteilung von Atlanten gibt es natürlich auch wesentlich spezifischere. Ein Beispiel dafür ist die Unterteilung von digitalen Atlanten nach ihrem Interaktivitätsgrad und analytischen Potenzial [Elzakker 1993, Kraak et al. 1996, Ramos et al. 2005]:

*Statische Atlanten:* statische Karten ohne Interaktivität und Dynamik

*Interaktive Atlanten,* die auf Abruf individuell gestaltete Karten generieren: Interaktion mit dem Datensatz, Eingriff in statistische Klassifizierungsmethoden wie Wechsel von Farbschemata, Klassifikationsmethode und Klassenanzahl etc.

*Analytische Atlanten* basierend auf GIS-Funktionalitäten: Datenbankabfragen wobei die Karte als Benutzerschnittstelle zu den Primärdaten dienen kann, Erstellung, Analyse und Visualisierung von neuen Datensätzen etc.

#### 3.2 Statische Atlanten versus interaktive / analytische Atlanten

Traditionelle Papieratlanten, ob in Buchform oder als Loseblattatlas, weisen eine fixe lineare Struktur auf. Fix im Bezug auf das vorgegebene Format und den daher je nach Darstellungsgebiet eingeschränkten Maßstab, linear was den Themenaufbau betrifft. Die Karten haben dabei einen zweifachen Nutzen: die enthaltene Information wird einerseits gespeichert und andererseits kommuniziert. Den Daten werden teilweise erläuternde Texte samt Statistiken, Diagrammen und Abbildungen beigelegt. Um verschiedene Karten

<sup>1</sup> Die ursprüngliche Bedeutung des Wortes „Atlas“ geht auf die griechische Mythologie zurück. Atlas gehörte zur Göttergruppe der Titanen, die einen erfolglosen Krieg gegen Zeus und die anderen olympischen Götter führten. Als Strafe dafür wurde Atlas von Zeus gezwungen, für immer das Himmelsgewölbe auf seinen Schultern zu tragen [WBE 1993].

<sup>2</sup> Topographisch-, komplex-thematische Atlanten werden im Volksmund oft als geographische Atlanten bezeichnet, Diese Bezeichnung ist allerdings etwas irreführend, da man mit dem Begriff „geographisch“ nicht unbedingt thematische Inhalte assoziiert.

oder Themen jedoch genau erforschen und miteinander vergleichen zu können, sind Hilfsmittel wie Marker, Sticker u.ä. fast unumgänglich.

In Tab. 1 sind nach Ormeling [1996] die wichtigsten Charakteristika von statischen und interaktiven / analytischen Atlanten zusammengefasst und gegenübergestellt. Bezüglich ihrer Funktionalität sind statische Atlanten mit einigen Nachteilen behaftet<sup>3</sup>.

Statische Atlanten	Interaktive / analytische Atlanten
statisch	dynamisch
passiv	interaktiv
limitierte Auswahl	komplett
fixe Kartenrahmen	Wahl des Ausschnitts und Maßstabes
allgemein gehalten	benutzerorientiert
Karten sind das fertige Produkt	Karten dienen als Interface

Tabelle 1: Unterschiede zwischen statischen und interaktiven / analytischen Atlanten (nach Ormeling [1996]).

Die digitale Technologie<sup>4</sup> versucht, die Kartographie von diesen Limitierungen zu befreien. Mit dem Fortschritt digitaler Technologie ist auch die interaktive Karte allgegenwärtig geworden. Es ist zu erwarten, dass in naher Zukunft die Barrieren statischer Kartographie durch die standardisierte Einführung von AIS aufgehoben [Ormeling 1996, Asche 2001] und dadurch ein sehr viel freierer Zugang zu geographischen Daten ermöglicht wird.

Nach anfänglichen Schwierigkeiten durch Hardware- (limitierter Speicherplatz) und Softwarebeschränkungen (Mangel an Autorensystemen zur Entwicklung interaktiver Applikationen) entstand 1981 der erste digitale Atlas: „Electronic Atlas of Canada“ [Siekierska et al. 1996]. Dieses Pionierwerk bereite den Weg für eine breit angelegte Forschungsaktivität auf dem Gebiet [ICA 2005]. Beteiligt daran waren nicht nur Universitäten, sondern auch Regierung und Privatwirtschaft.

Angelangt im 21. Jahrhundert, stehen wir vor dem Internet als idealer Plattform zur Übermittlung geographischer Informationen. Aber genau dadurch ist 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 den Prozess und die Methoden der kartographischen Modellgenerierung in den Vordergrund stellt. Ein moderner Kartograph sollte also zwei Aufgaben erfüllen: die Umsetzung neuer Präsentationsformen zur interaktiven, analytischen, multimedialen Informationswiedergabe und ein tiefes Verständnis für den kartographischen Kommunikationsprozess (von der Datenakquirierung bis zur adäquaten Datenübermittlung).

Betrachtet man die neuen Präsentationsformen, fällt auf, dass die Karte nicht mehr als Endprodukt, sondern meist als Benutzerschnittstelle fungiert. Mittels interaktiver Funktionen findet so eine dynamische Exploration der Geoinformation statt. Abhängig von ihren Zielen und Erfahrungen definieren die Benutzer selbst ihre individuelle Form von Geo-Kommunikation [Lechthaler 2004b]. Grundlage dafür ist eine optimal aufbereitete Kartengraphik, die mit entsprechenden Geobasisdaten (Primärdaten) verknüpft ist und so benutzerspezifische Datenbankabfragen und darauf aufbauende Datenvisualisierungen zulässt [Lechthaler 2004a, Persson et al. 2005, Stadler 2004].

### 3.3 Die Karte als graphische Benutzeroberfläche und Benutzerschnittstelle im AIS

Glaubt man Goodchild [2000], so stellt die Kartographie einen unerlässlichen Bestandteil für die Zukunft der Geographie im Allgemeinen und Geographischer Informationswissenschaften im Speziellen dar. Die Einführung digitaler Karten und deren täglicher Gebrauch führt zu einer stetig wachsenden Nachfrage an guten kartographischen Produkten als Basis für Kartographische und Geographische Informationssysteme (KIS, GIS) vorwiegend zum Zweck der visuellen Kommunikation. Gerade in einem AIS als Spezialfall eines KIS stellt die Karte das zentrale Element dar. Sie dient als multimedialer, interaktiver und dynamischer Informationsträger und ist dadurch ein Lehrmittel, das der Benutzer entlang vordefinierter oder selbst gewählter Pfade erforscht und so sein Wissen über räumliche Phänomene und Prozesse vertieft. Ormeling [2001] verwendet sehr passend die Metapher eines „geographischen Schaltbretts“.

Durch mögliche Zugriffe auf Primärdaten soll das Manko in der Informationsübertragung, verursacht durch die bildschirmgerechte und somit gröbere Kartengraphik, behoben werden. Dadurch sind dem System effektiv keine Kapazitätsgrenzen bezüglich der Informationserschließung mehr gesetzt.

## 4 BILDSCHIRMGERECHTE KARTOGRAPHISCHE VISUALISIERUNG

Die Gestaltung bildschirmgerechter Atlaskarten stellt eine große Herausforderung für den Kartographen dar. In seinen Entwurfs- und redaktionellen Arbeiten ist er nicht nur „Kartenmacher“, sondern auch „Systemdesigner“. Neben seiner Aufgabe, den Generalisierungsgrad, die graphische Dichte der Karte sowie die Kartengraphik den Ansprüchen des jeweiligen Maßstabes anzupassen, muss er sich auch bewusst sein, dass er den Bildschirm (mit allen seinen Restriktionen) als Informationsträger und das Internet als Transportmedium optimal auszunutzen hat.

Solange die Bildschirmvisualisierung nur als Teil des digitalen Herstellungsprozesses einer zu druckenden Karte dient, ist die reduzierte Qualität und die relativ kleine Anzeigefläche nicht störend. Nachdem aber bei einer Ausgabe am Bildschirm die Karte als interaktive Benutzeroberfläche im Vordergrund der Anwendung steht, muss besonderes Augenmerk auf die Gestaltung der Kartengraphik gelegt werden.

Eine gute Kartengraphik [Spiess et al. 2002, Hake et al. 2002]:  
muss die raumbezogenen Informationen gut vermitteln können,  
beschränkt sich auf das Wesentliche der darzustellenden Information,

<sup>3</sup> Eines muss man sich stets vor Augen halten: Erfolgt die Ausgabe auf Papier, so haben statische Atlanten den entscheidenden Vorteil der wesentlich feineren Auflösung.

<sup>4</sup> Die digitale Technologie stellt eine der sechs Haupttechnologieformen dar, welche die Kartographie im Laufe der Zeit revolutionierten: manuelle, magnetische, mechanische, optische, photo-chemische und elektronische / digitale Technologie [Robinson et al. 1995].

entlastet das Kartenbild von Überflüssigem,  
 gewährleistet die verlangte Lagegenauigkeit,  
 verwendet eine Symbolik, die spontan richtige Assoziationen hervorruft,  
 ist in der Aussage eindeutig,  
 hält sich an die vereinbarten kartographischen Richtlinien und  
 ist gut lesbar.

Die Visualisierung der Karten mit dem Zeichenschlüssel für die Printausgabe führt zu einer, durch die „grobe“ Auflösung des Bildschirms, nicht vernachlässigbaren Deformation des Kartenbildes. Darstellungen hoher graphischer Dichte sind nur noch teilweise lesbar. Somit muss der Zeichenschlüssel für die Visualisierung am Bildschirm dem Ausgabemedium angepasst werden. Dabei spielen die, im Vergleich zu den Minimaldimensionen für die Printausgabe größeren, graphischen Minimaldimensionen eine entscheidende Rolle. Die Definition der bildschirmgerechten Minimaldimensionen der Kartengraphik hängt eng mit der am Bildschirm erzielbaren Auflösung zusammen.

#### 4.1 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, in mittels Loch-, Streifen- oder Schlitzmaske erzeugbare Bildelemente (Ausgabepixel) umgewandelt werden. Die Anzahl dieser Bildelemente variiert zwischen verschiedenen Bildschirmen und stellt die eigentliche Restriktion dieses Mediums dar. Des Weiteren sind Bildelementform, Farbtiefe, Bildstörung und Bildwiederholrate von Bedeutung. Im Folgenden werden die aufgezählten technischen Restriktionen (teilweise anhand der noch weit verbreiteten Kathodenstrahl-Bildschirme) genauer erläutert.

##### 4.1.1 Bildpunkt, Bildelement, Größe und Auflösung des Mediums

Ein Bildpunkt (Pixel) ist das Elementarelement einer digitalen Matrix (Bildpunktmatrix), welche für jeden Bildpunkt einen Intensitätswert speichert, der erst durch die Ausgabe auf einem dafür vorgesehenen Gerät (Bildschirm, Drucker) sichtbar wird. Für die Darstellung müssen die Bildpunkte in tatsächlich erzeugbare Bildelemente umgewandelt werden (Abb. 2), deren Anzahl von der Größe und Auflösung des verwendeten Ausgabegerätes abhängt.

Die Größe der Bildelemente hängt direkt mit der Auflösung des Ausgabemediums (Anzahl der Zeilen und Spalten) und der Größe der Ausgabefläche zusammen:

$$\text{Größe der Bildelemente} = \text{Größe der Ausgabefläche} / \text{Auflösung des Ausgabemediums}$$

Geht man von einer durchschnittlichen Größe der Bildelemente zwischen 0,20 mm x 0,20 mm und 0,40 mm x 0,40 mm und einer durchschnittlichen Druckauflösung von 0,10 mm aus, so ergibt sich eine 2 bis 4 mal so grobe Auflösung des Mediums Bildschirm im Vergleich zum Medium Papier. Hätte man einen Bildschirm mit der Auflösung einer analogen Karte vor sich, könnte man für die digitale Präsentation die Minstdimensionen konventioneller Zeichenschlüssel verwenden.

Für die weiteren Untersuchungen wurde nach einem durchschnittlichen Wert für die Größe eines Bildelementes gesucht. Dieser soll folglich als Umrechnungsfaktor zwischen der Anzahl an Bildelementen und der am Bildschirm eingenommenen Fläche dienen. Um schlechter aufgelöste Bildschirme nicht zu benachteiligen, wurde ein größerer Wert innerhalb des Intervalls gewählt, der allgemein gebräuchlich ist: 1 pt (typographischer Punkt<sup>5</sup>) = 0,375 mm [Bollmann et al. 2002].

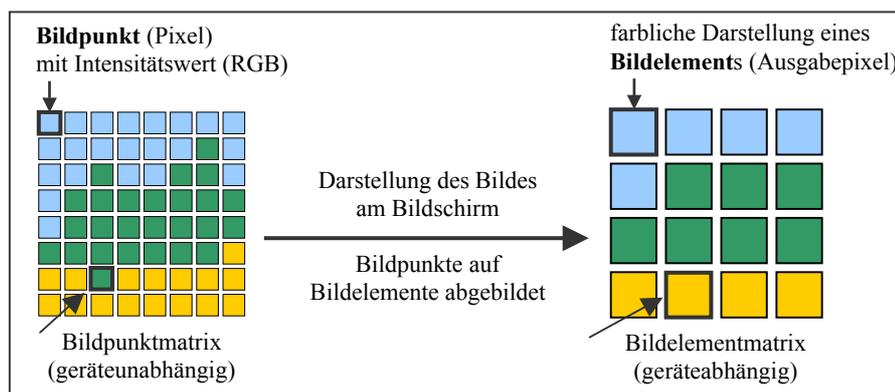


Abbildung 2: Vom geräteunabhängigen Bildpunkt zum geräteabhängigen Bildelement

##### 4.1.3 Form der Bildelemente

Aus der Form der Bildelemente, welche abhängig vom Bildschirmtyp sind, können Unterschiede im Erscheinungsbild der Kartengraphik entstehen. Diese werden im weiteren Verlauf zwar nicht eigens betrachtet, sollen aber der Vollständigkeit halber hier beispielhaft für die drei Arten von Kathodenstrahl-Bildschirmen aufgeführt werden [Malić 1998]<sup>6</sup>:

Bei Streifen- und Schlitzmasken-Bildschirmen sind die Bildelemente rechteckig oder quadratisch. Die Breite ist konstant, die Höhe ist abhängig von der vertikalen Auflösung. Bei einer Bildschirmauflösung von 1024 x 768 Bildelementen und einer Bildschirmdiagonale von 20“ beträgt die Größe der Bildelemente beispielsweise 0,30 mm x 0,34 mm.

<sup>5</sup> Der „typographische Punkt“ wird allgemein zur Größenangabe von Buchdruckschriften verwendet.

<sup>6</sup> Bei LCD(Flüssigkristall)-Bildschirmen sind die Bildelemente ganz ähnlich wie bei Streifen- und Schlitzmasken-Bildschirmen angeordnet. Die Form ist daher auch rechteckig oder quadratisch, die Breite schwankt zwischen 0,21 und 0,30 mm [Neudeck 2001].

Bei Lochmasken-Bildschirmen sind die Bildelemente dreieckig (sechseckig). Die Form ist unabhängig von der Bildschirmgröße bzw. -auflösung. Die Größe der Bildelemente beträgt durchwegs 0,30 mm x 0,30 mm.

#### 4.1.4 Anzahl darstellbarer Farben (Farbtiefe)

Die Graphikkarte enthält die Elektronik zur Steuerung des Bildschirms. Sie übermittelt digitale Daten vom Prozessor über den Systembus und wandelt sie in Videosignale um, die am Bildschirm dargestellt werden. Wichtige Teile zur Steuerung sind der Video- oder Graphik-Chip, der Bildspeicher und der Digital-Analog-Wandler, der die, in der Bildpunktmatrix abgelegten, Intensitätswerte in analoge Signale umwandelt und dadurch die Visualisierung am Bildschirm ermöglicht. Die farbliche Darstellung jedes Bildelementes hängt von der Farbtiefe ab und umfasst in der Regel mehrere Bits pro Bildelement. Der Speicherbedarf der Graphikkarte ergibt sich aus dem Produkt der Bildschirmauflösung und der Farbtiefe. In der graphischen Datenverarbeitung sollten mindestens 8 MB vorgesehen werden [Neudeck 2001].

Je kleiner die Bildelemente sind, desto höher ist die Auflösung des Bildschirms und desto umfangreicher sind dadurch die Bildinformationen für den Bildaufbau. Da die Kapazität der Graphikkarte und der Transfer der bildaufbauenden Informationen das eigentliche Hindernis darstellt, würde eine höhere Auflösung des Bildschirms gar keinen Sinn ergeben.

#### 4.1.5 Bildstörung

Wie schon beschrieben, wird die Lesbarkeit der Kartengraphik durch die bildschirmbedingte Deformation der Kartengraphik beeinträchtigt. Diese Bildstörung wird verursacht durch [Malić 1998, Neudeck 2001]:

Treppeneffekt (Aliasingeffekt),

Unschärfe durch Antialiasing-Verfahren,

Intensitätsschwankungen der Linienstärken (abhängig vom verwendeten Algorithmus zur Umwandlung in Bildelemente),

Formveränderungen nicht horizontal bzw. vertikal gelagerter Signaturen und Schrift sowie

Deformation der Signaturen abhängig von ihrer Positionierung in der Bildpunktmatrix.

#### 4.1.6 Bildwiederholrate zur Simulation eines flimmerfreien Bildschirms

Der Bildaufbau bei Kathodenstrahl-Bildschirmen basiert auf einer zeilenweisen Abtastung der Bildschirminnenseite. Um den Eindruck eines stabilen Bildes zu bekommen, sollte die Bildwiederholrate höher als die Flimmerverschmelzungsfrequenz des Auges, also zwischen 75 Hz und 100 Hz sein. Die Bildwiederholrate hängt von der Geschwindigkeit des Elektronenstrahls und der Bildschirmgröße ab. Da Bildschirme mit unterschiedlichen Auflösungen arbeiten können, bezieht sich die Bildwiederholrate jeweils nur auf eine bestimmte Auflösung [Malić 1998].

## 4.2 Einhaltung der Grundregeln bildschirmgerechter Visualisierung

Wie im letzten Punkt beschrieben, werden durch die technischen Restriktionen des Bildschirms Bildstörungen hervorgerufen, welche durch eine entsprechende bildschirmgerechte Kartengraphik gering gehalten werden können. Dadurch wird ein attraktives Kartenbild geschaffen und damit der Qualitätsgrad und die Akzeptanz bei den Benutzern erheblich gesteigert. 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 darüber hinaus Vorschläge für eine angepasste Signaturierung im Hinblick auf Farb- und Schriftwahl sowie die Verwendung von Formen und Mustern zu geben [Lechthaler 2005].

### 4.2.1 Mindestdimensionen

Mit kleiner werdendem Maßstab nimmt auch die Darstellungsgröße jeder maßstäblichen Objektwiedergabe ab, bis schließlich ihre Lesbarkeit in Frage gestellt ist. Daher spielt die Mindestgröße eines gerade noch lesbaren Zeichens eine große Rolle [Stadler 2004].

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 et al. 2002].

Sie hängen von zwei Faktoren ab:

dem Auflösungsvermögen des menschlichen Auges und

den Beschränkungen des verwendeten Ausgabemediums bzw. der Leistungsfähigkeit des kartentechnischen Verfahrens.

Die Distanz, bei der zwei Punkte gerade noch getrennt wahrgenommen werden, wird als Auflösungsvermögen des menschlichen Auges bezeichnet. Es ist abhängig vom Leseabstand, von der Wellenlänge des Umgebungslichts und vom Sehvermögen des Betrachtenden. Bei normalem Tageslicht ergeben sich folgende Werte für das Auflösungsvermögen in Abhängigkeit vom Leseabstand (Tab. 2):

Leseabstand	Auflösungsvermögen
30 cm (Papier)	0,05 mm
60 cm (Bildschirm)	0,10 mm <sup>7</sup>

Tabelle 2: Auflösungsvermögen in Abhängigkeit vom Leseabstand (nach Neudeck [2001])

Bei der Definition von graphischen Mindestdimensionen sollte man sich deutlich oberhalb der Grenzen visueller Wahrnehmung bewegen, um eine Diskriminierung weniger „scharf“ sehender Menschen zu vermeiden. Betrachtet man die Limitierungen der Printausgabe von etwa 100 Linien/cm, entspricht das einer minimalen Linienstärke von 0,1 mm. Nachdem als Leseabstand für Papierkarten meist 30 cm angenommen werden, ist dieser Wert eindeutig größer als das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges für diesen Abstand und daher bestens als Minimaldimension geeignet. Diese und auch weitere wichtige Minimaldimensionen sind in Tab. 3 aufgeführt.

Bei der Kartengestaltung für die Darstellung am Bildschirm sind deutlich höhere Mindestdimensionen einzuhalten, auch wenn dadurch die gewohnte graphische Feinheit nicht mehr erreicht werden kann. Grund dafür sind die technischen Restriktionen des Bildschirms.

	Printtechnische Mindestdimensionen		Bildschirmbedingte Mindestdimensionen		
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, Versalienhöhe	5 pt = 1,9 mm	Schrift	10 pt	3,8 mm	Verdana
Schrift gebogen, Versalienhöhe	7 pt = 2,6 mm	Schrift	14 pt	5,3 mm	Verdana

Tabelle 3: Graphische Mindestdimensionen für Papier und Bildschirm (nach Malić [1998], Neudeck [2001])

Die in Tab. 3 enthaltenen Angaben für graphische Mindestdimensionen beziehen sich auf die Betrachtung stark kontrastierter Graphikelemente (beispielsweise schwarze Linien auf weißem Grund) bei normalen Lichtverhältnissen. Bei geringerem Tonwert- bzw. Farbgewichtsunterschied sowie schlechteren Lichtverhältnissen müssen größere Mindestdimensionen eingehalten werden.

Abb. 2 zeigt Bildschirmdarstellungen von Wien mit unterschiedlicher Kartengraphik: Links ist die Geometrie einer analogen Karten mit den Minimaldimensionen für den Druck versehen, rechts wurde die Geometrie den Ansprüchen des Bildschirms entsprechend generalisiert und anschließend bildschirmgerecht signaturiert.



Abbildung 2: Wien mit nicht bildschirmgerechter (0,1 mm, 0,2 mm, 0,3 mm) und bildschirmgerechter Kartengraphik (0,4 mm, 0,8 mm, 1,1 mm).

#### 4.2.2 Bildschirmgerechte Signaturierung

Um die Bildstörung möglichst gering zu halten ist es neben der Einhaltung der Mindestdimensionen auch wesentlich bei der Signaturierung auf die geeignete Farb-, Form-, Richtungs-, Muster- und Schriftwahl zu achten

Bei der Farbwahl für Darstellungen am Bildschirm bestehen keine technischen Einschränkungen, es sei denn, die Ausgabe erfolgt mittels Stiftplotter<sup>8</sup>. Abhängig von der Farbtiefe des Bildschirms bzw. der Graphikkarte kann eine Vielzahl von Farben im additiven RGB-Farbraum erzeugt werden. Relativiert wird diese Aussage lediglich durch die nötige Differenzierbarkeit dargestellter Farben. Diese bedingt Intensitätsunterschiede von 20 % in den Grundfarben (bei dunklen Farben sogar 40 %). Um eine gewisse Standardisierung zu erreichen, wurden „indizierte Webfarben“ eingeführt, deren RGB-Werte sich an die im hellen Bereich

<sup>7</sup> Aus dem Wert 0,10 mm für das Auflösungsvermögen aus 60 cm Entfernung erkennt man auf den ersten Blick den Grund dafür, dass einzelne Bildelemente, deren Größe zwischen 0,20 mm x 0,20 mm und 0,40 mm x 0,40 mm schwankt, noch eindeutig wahrgenommen werden können.

<sup>8</sup> Bei Stiftplottern besteht eine begrenzte Auswahl an Farben, da jede zu druckende Farbe als eigener Stift im Stiftekarussell vorhanden sein muss.

geforderten 20 % Intensitätsunterschied halten. Daneben sind natürlich auch die traditionell üblichen Konventionen bezüglich der Verwendung assoziativer Farben und einer deutlichen Unterscheidbarkeit von Vorder- und Hintergrund zu beachten. Bei der Form-, Richtungs- und Musterwahl für Darstellungen am Bildschirm wäre die Einhaltung folgender Punkte optimal: Verwendung von rechteckigen und quadratischen anstelle von kreisförmigen, dreieckigen oder sonstigen Punktsignaturen, Ausrichtung nach der Bildpunktmatrix (Vermeidung schräger Punktsignaturen und Linien), Vermeidung von Linienmustern (strichlierte Linien, Doppellinien etc.), Verwendung von Flächenfarben anstelle von Flächenmustern und geringer Einsatz von linearen Graphikelementen (keine Umrandungen von Flächen etc.). Bei der Schriftwahl für Darstellungen am Bildschirm sollte man sich auf serifenlose Schriften beschränken und diese möglichst nur horizontal verlaufen lassen. Die Beschriftung ist bei konventionellen Karten von großer Bedeutung. Bei der Darstellung am Bildschirm beeinträchtigen die Deformationen durch die Bildstörung die Lesbarkeit, sodass es sinnvoll ist, eine alternative Form der Schriftdarstellung zu wählen. Abhilfe schaffen Interaktionsmöglichkeiten wie ToolTips, die temporär zur Anzeige beliebiger Attribute verwendet werden können.

## 5 VORSCHLÄGE FÜR DIE „CROSS MEDIA“ GERECHTE KARTENGRAPHIK IN EINEM AIS

Bei der Definition von Vorschlägen für die Kartengraphik in einem AIS wird ein dualer Charakter die Ausgabemedien betreffend vorausgesetzt. Das System soll sowohl die bildschirmgerechte Darstellung als auch eine qualitativ hochwertige Printausgabe<sup>9</sup> gewährleisten. Wie bereits beschrieben, handelt es sich bei Papier und Bildschirm um zwei technisch und auch kapazitätsmäßig grundsätzlich unterschiedliche Ausgabemedien. Jedes für sich muss, um dem Anspruch der Lesbarkeit zu genügen, eine dem Medium gerechte Kartengraphik verwenden.

Dabei bedeutet die systemtechnische Umwandlung in die jeweiligen Ausgabeformate und die Verbindung zu den Ausgabegeräten weniger Aufwand als die nötige kartographische Modellbildung (maßstabsabhängige Generalisierung und Harmonisierung). Durch die noch nicht gelöste Problematik der vollautomatischen kartographischen Modellbildung ist es derzeit nicht möglich, on-the-fly beliebige, maßstabsabhängige Datenvisualisierungen bereitzustellen. Dies würde bald zu unleserlichen und damit sinnlosen Bildschirmpräsentationen der topographischen Verortungsgrundlage sowie der Sachdaten führen.

Daher ist es ratsam, für beide Ausgabemedien Maßstabserien zu definieren und durch die Anpassung der Kartengraphik kartographisch vorgefertigte und inhaltlich harmonisierte Maßstabsebenen zu schaffen. Diese repräsentieren die Realwelt in anderen räumlichen Auflösungen. Die Rückkoppelung ist nur durch Zugriffe zu den Geobasisdaten (Primärdaten) möglich. Um die Deformationen der Kartengraphik durch die Bildstörung möglichst gering zu halten, sollten nur beschränkte Zoombereiche innerhalb der Maßstabsebenen zugelassen werden.

### 5.1 Signaturierung einer bildschirmgerechten Basiskarte

Wegen der unterschiedlichen bildschirmeigenen Parameter ist die Festlegung von Mindestdimensionen am Bildschirm sehr komplex. In Tab. 3 wurden Mindestdimensionen für Linien, Linienabstände, minimale Grundformengrößen (im Hinblick auf Formerkennbarkeit) und Schrift angegeben. Wesentlich sind auch die Einschränkungen im Bezug auf Farb-, Form- und Schriftwahl. Unter Berücksichtigung der Grundregeln bildschirmgerechter Visualisierung wurde von den Autoren ein Signaturierungsvorschlag für die Basiskarte (größte Maßstabsebene) eines AIS entwickelt. Ziel ist es, für die topographischen Inhaltselemente eine maßstabsangepasste, kartographisch aufbereitete Darstellung am Bildschirm zu gewährleisten.

Die Angaben bezüglich Stil, Dimension und Farbe können Tab. 4 entnommen werden. Die Reihenfolge der Inhaltsebenen entspricht ihrer Hierarchie in der Karte. Je höher die Elemente in der Tabelle angeführt sind, desto höher liegen sie auch in der Karte und desto weniger verdeckt werden sie daher von Elementen anderer Ebenen.

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 (wenn möglich) farblich kodiert.

Inhaltsebenen (Reihenfolge nach Hierarchie)	Stil, Dimensionen (1 pt = 0,375 mm)	RGB - Farben (Hexadezimal- / Dezimalcode)
<b>Städte - Signaturen:</b>		
<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
<b>Städte – Schrift:</b>		
Allgemein	Verdana, 10 pt, fett	<b>#000000 – 0, 0, 0</b>
Landeshauptstädte	Verdana, 12 pt, fett, unterstrichen	<b>#000000 – 0, 0, 0</b>
Bundeshauptstädte	Verdana, 12 pt, fett, unterstrichen, Großbuchstaben	<b>#000000 – 0, 0, 0</b>
<b>Straßen:</b>		
Autobahn	Mittellinie: 4,5 pt – 1,7 mm Band: 9 pt – 3,4 mm	<b>#FFF000 – 255, 255, 0</b> <b>#FF3333 – 255, 51, 51</b>
Bundesstraße	4 pt – 1,5 mm	<b>#009900 – 0, 153, 0</b>
Schnellstraße	2 pt – 0,8 mm	<b>#FF3333 – 255, 51, 51</b>
<b>Eisenbahn:</b>	punktiert 4 pt – 1,5 mm	<b>#000000 – 0, 0, 0</b>

<sup>9</sup> Das Angebot einer qualitativ hochwertigen Printausgabe wird in den meisten webbasierten AIS leider noch sehr rudimentär behandelt.

<b>Gewässer:</b>		
Flüsse	1,5-4 pt – 0,6-1,5 mm	#3366FF – 51, 102, 255
Flächenfüllung (ohne Randlinie)		#6699FF – 102, 153, 255
<b>Grenzen:</b>		
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
<b>Dauersiedlungsraum:</b>	Flächenfüllung (ohne Randlinie)	#FFCC99 – 255, 204, 153
<b>Österreich:</b>		
Staatsfläche (Österreich)	Flächenfüllung	#FFFCC – 255, 255, 204
<b>ToolTips:</b>		
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

Tabelle 4: Signaturierungsvorschlag für die Kartengraphik der Basiskarte im Maßstab 1 : 250k.

Die Dimensionsangaben in Tab. 3 und 4 erfolgen sowohl in Bildelementen als auch metrisch. Die metrische Angabe stellt lediglich eine durchschnittliche Größe dar, da die tatsächliche Größe der Bildelemente von Bildschirm zu Bildschirm und von Auflösung zu Auflösung variiert. Als Umrechnungsfaktor dient der typographische Punkt. Für die Signaturierung sollten jeweils die Bildelementangaben eingehalten werden. Dies lässt sich leicht umsetzen, indem man der Graphik die Auflösung des zur Ausgabe vorgesehenen Bildschirms zuweist und man somit bildschirmgerechte Größen der Signaturen erzielen kann.

Abb. 3 stellt das Ergebnis der vorgeschlagenen Signaturierung dar.

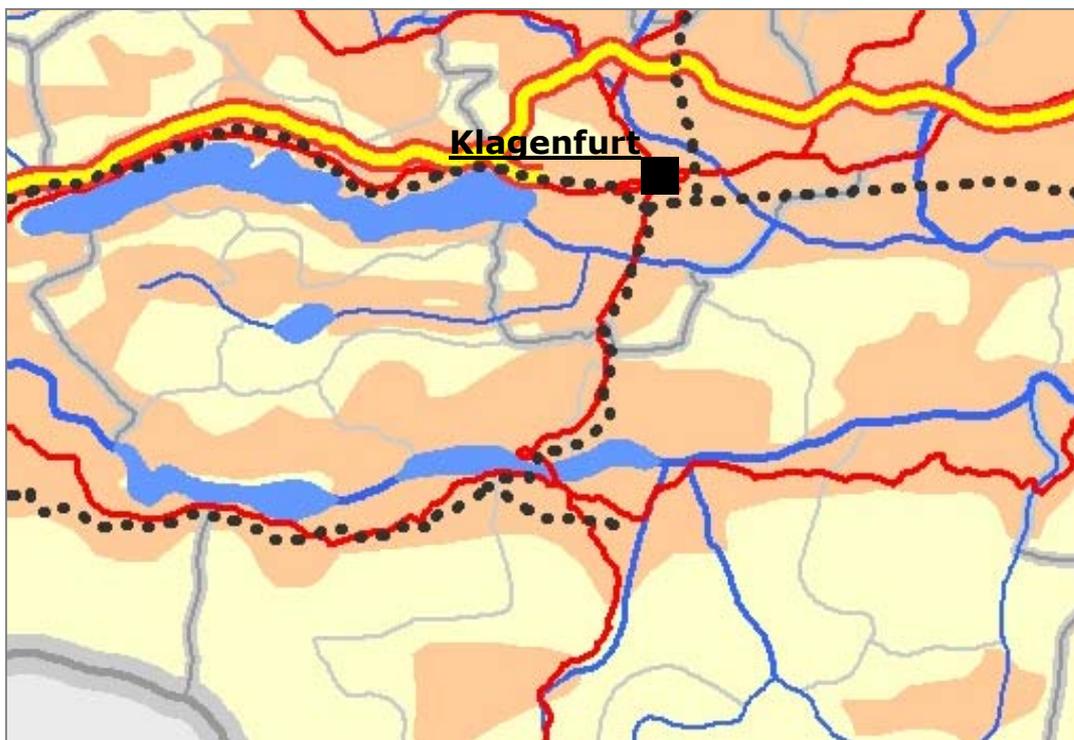


Abbildung 3: Ausschnitt aus der bildschirmgerechten Karte 1 : 250k (100 dpi)

## 5.2 Adaption bildschirmgerechter Signaturierung für hochwertige Printkarten

Bei der Kartengestaltung für die Darstellung am Bildschirm müssen wegen der niedrigeren Auflösung deutlich höhere Mindestdimensionen als bei Printkarten beachtet werden. Geht man (sicherheitshalber) von der relativ großen Bildelementgröße 0,375 mm (1 pt) und einer durchschnittlichen Druckauflösung von 0,1 mm aus, so ergibt sich eine ca. 4 mal größere Auflösung des Mediums Bildschirm. Das bedeutet, dass man konventionelle Kartengraphiken für Printkarten 4-fach vergrößern müsste, um eine akzeptable Darstellung am Bildschirm zu erreichen. Akzeptabel, weil die Minimaldimensionen zwar eingehalten, die Grundregeln

für die Signaturierung aber nicht beachtet werden. Dieses Manko könnte man beseitigen, indem man neben der Vergrößerung eine bildschirmgerechte Signaturierung durchführt. So erhält man eine bildschirmgerechte Karte mit 4 mal größerem Maßstab, aber der gleichen Informationsdichte wie die korrespondierende Printkarte.

Nachdem es kaum Gründe gibt, die gegen die Verwendung bildschirmgerechter Graphik auch für den Druck sprechen, entstand die Idee, eine bildschirmgerechte Karte zu erzeugen und diese in 4 facher Verkleinerung als Printkarte wiederzuverwenden. Eine Ausnahme stellt allerdings die Schrift dar, da sie nicht um denselben Faktor verkleinert werden kann und durch die nicht vorhandenen ToolTips in der Printkarte gegebenenfalls mehr Schriftzüge enthalten sein müssten.

In Abb. 3 ist ein Ausschnitt der printfertigen Karte 1 : 250k zu sehen. Die Kartengraphik ist mit Ausnahme der Schrift durch reine Verkleinerung der in Abb. 4 dargestellten bildschirmgerechten Karte 1 : 1 Mio entstanden. Die 4 fache Verkleinerung ergibt automatisch den 4 fach kleineren Maßstab, die interne Auflösung ist 4 mal so groß (400 dpi) und den technischen Anforderungen des Prints (oder auch des möglichen Offsetdrucks) angepasst.



Abbildung 4: Ausschnitt aus der druckfertigen Karte 1 : 1 Mio (400 dpi)

## 6 RESÜMEE

Man spricht heute von einer neuen Generation der Karte – der Bildschirmkarte, die in einem interaktiven AtlasInformationsSystem (AIS) als graphische Benutzeroberfläche und Benutzerschnittstelle dient. Über die Elemente der Kartengraphik werden durch interaktive Systemfunktionalitäten Zugriffe zu den primären Daten (Geobasisdaten: Geometrie- und Sachdaten) gestattet. Voraussetzung dafür ist die Anwendung einer klaren, lesbaren, maßstabsabhängigen und den technischen Anforderungen des Ausgabemediums Bildschirm angepassten Kartengraphik.

Um die technischen Restriktionen des Ausgabemediums Bildschirm zu überwinden, müssen beim Aufbau des AIS genaue Richtlinien für die Gestaltung der Kartengraphik sowie die Definition der Systemfunktionalitäten zur Informationserschließung festgelegt werden.

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 AIS mit „Cross-Media“ gerechter Kartengraphik erstellt werden kann.

Weitere Forschungsanstrengungen sollten in die Lösung der Schriftbehandlung gesteckt werden. Wie oben beschrieben, ist beim Ausgabemedium Papier einerseits der Platzbedarf für konfliktfreie Schriftzüge (relativ zur Ausgabe am Bildschirm betrachtet) höher und andererseits hat die Schrift innerhalb der Papierkarte einen höheren Stellenwert, da die Möglichkeit der interaktiven Informationserschließung wegfällt.

## 7 LITERATUR

- ASCHE, H. (2001): Kartographische Informationsverarbeitung in Datennetzen – Prinzipien, Produkte, Perspektiven. In: Herrmann, Ch. und H. Asche (Hrsg.): Web.Mapping 1. Heidelberg, Wichmann. 3-18.
- BOLLMANN, J. & W. G. KOCH (2002): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Heidelberg, Spektrum.
- CARTWRIGHT, W. & M.P. PETERSON (1999): Multimedia Cartography. In: Cartwright, W., M.P. Peterson & G. Gartner (Hrsg.): Multimedia Cartography. Springer, Berlin. 1-10.
- ELZAKKER C. V. (1993): The use of electronic atlases. In: Klinghammer, I., L. Zentai & F. Ormeling (Hrsg.): Seminar on Electronic Atlases. Cartographic Institute of Eötvös Lorand University, Visegrad, Hungary. 145-155.
- GARTNER, G., K. Kriz, Ch. Spanring & A. Pucher (2005): The Concept of "Restrictive Flexibility" in the "ÖROK Atlas Online". In: International Cartographic Association (Ed): Proceedings of International Cartographic Conference 2005, La Coruna/Spain (CD).
- GOODCHILD, M.-F. (2000): Cartographic Future on a Digital Earth. In: Cartographic Perspectives, 36, 3-11.
- HAKE, G., GRÜNREICH, D. & MENG, L. (2002): Kartographie. 8. Aufl. Berlin, De Gruyter.
- ICA (2005): Internet-based cartographic teaching and learning: Atlases, map use and visual analytics. Proceedings of Joint ICA Commissions Seminar. International Cartographic Association, Universidad Polytechnica de Madrid.
- KEATES, J.S. (1989): Cartographic Design and Production, 2. Aufl. Longman Scientific & Technical, Essex.
- KRAAK, J.-M. & F. ORMELING (1996): Cartography: visualization of geospatial data. Longman Scientific & Technical, Essex.
- KRAAK, M.-J. (2001): Web Maps and Atlases. In: Kraak, M.-J. & A. Brown (Hrsg.): Web Cartography, Taylor and Francis, London. 135-140.
- LECHTHALER, M. (2004a): Cartographic Models as a Basis for Geo-Communication. In: Kereković, D. (Hrsg.): Geographical Information Systems in Research&Practice. International Conference on GIS. GIS Forum - Hrvatski Informatički Zbor, Zagreb, Croatia. 19-32.
- LECHTHALER, M. (2004b): 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. 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. 402-412.
- 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. (1996): Functionality of Electronic School Atlases. In: Köbben, B., F. Ormeling & T. Trainor (Hrsg.): Seminar on Electronic Atlases II, ICA Proceedings on National and Regional Atlases. Prague. 33-39.
- ORMELING, F. (2001): Das Bändigen von Multimedia-Konzepten für den Online-Atlas der Niederlande. In: Herrmann, Ch. & H. Asche (Hrsg.): Web.Mapping 1 – Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Wichmann, Heidelberg. 178 – 189.
- 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.
- RAMOS, C.-DA S., & W. CARTWRIGHT (2005): Atlases from paper to digital medium. 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.
- ROBINSON, A.H., MORRISON, J.L., MUEHRSCHE, P.C. KIMERLING, A.J. & GUPTIL, S.C. (1995): Elements of Cartography, 6.Aufl. JohnWiley&Sons, New York.
- SPIESS, E., U. BAUMGARTNER, S. ARN u. C. VEZ(2002): Topographsiche Karten, Kartengraphik und Generalisierung. Schweizerische Gesellschaft für Kartographie (Hrsg). Kartographische Publikationsreihe Nr.16.
- SIEKIERSKA, E. & D. WILLIAMS (1996): National Atlas of Canada on the Internet and School-Net. In: Köbben, B., F. Ormeling & T. Trainor (Hrsg.): Seminar on Electronic Atlases II, ICA Commission on National and Regional Atlases, Prague. 19-23
- STADLER, A. (2004): Verknüpfung korrespondierender Kartenelemente im Hinblick auf automatisierte Fortführung. Diplomarbeit, Institut für Geoinformation und Kartographie, TU Wien.
- WBE (1993): World Book Encyclopedia, Vol. 1, World Book, 868-869.

[URL1] [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Mercator - Atlas - 1595.png](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Mercator_-_Atlas_-_1595.png) (zuletzt besucht am 20. November 2005)