

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 100 (2002)

**Heft:** 3

**Artikel:** Limitierungen bei der Visualisierung von Geoinformation an Monitoren

**Autor:** Brunner, K.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235886>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Limitierungen bei der Visualisierung von Geoinformation an Monitoren

Gegenwärtig erhalten wir umfangreich Visualisierungen von Geoinformation am Bildschirm. Dabei überwiegt neben modernen Visualisierungsmöglichkeiten konventionelle Kartengraphik. Die Bildschirmanzeige hat aber durch Format und Auflösung der Monitore nicht unerhebliche visuelle Einschränkungen; diese werden kritisch betrachtet. Am Schluss wird auf neue Aufgaben in Hinblick auf «Location Based Services» hingewiesen.

*Actuellement on obtient une masse d'informations géoréférencées par visualisation sur écran. A part les possibilités modernes de visualisation, le graphisme conventionnel des cartes est prépondérant. L'affichage sur écran présente des restrictions visuelles considérables dues au format et à la résolution des moniteurs. En conclusion, l'auteur fait mention des nouvelles tâches en liaison avec «location based services».*

Attualmente è possibile visualizzare sullo schermo numerose informazioni geografiche. Accanto alle moderne possibilità di visualizzazione, prevale sempre ancora la convenzionale grafica delle carte. Tuttavia, la visualizzazione sullo schermo comporta delle limitazioni visive, riconducibili al formato e alla risoluzione dei monitor, che sono oggetto di critiche. Non si manca di fare accenno ai nuovi compiti nell'ambito dei «location based services».

K. Brunner

In unserer Informationsgesellschaft erhalten wir ständig elektronische Anzeigen von Daten, Texten, Bildern und Graphik an Monitoren. Durch leistungsfähige Hardware erfolgen umfangreich Visualisierungen von Geoinformation in 3D-Ansichten, Animationen für raumzeitliche Prozesse bis hin zu virtuellen Landschaften. Neben diesen neuen Visualisierungsmöglichkeiten von Geoinformation finden sich auch Bildschirmanzeigen von konventionellen Karten.

Die Schlüsselkomponente Bildschirm als Mensch-Maschine-Schnittstelle hat aber nicht unerhebliche Beschränkungen, die im Bildformat, in der geringen Auflösung und der bei allen Bildschirmtechniken notwendigen Bildanzeige in Form von Bildpunkten liegen. Die Rastermatrix der Bitmap-Graphik erweist sich als grosses Handicap insbesondere bei der Bildanzeige von feiner Liniengraphik in Karten oder in scharfen Kanten von 3D-Animationen. Demgegenüber haben gedruckte Karten eine bemerkenswert hohe visuelle Qualität.

## Auflösungsvermögen des Auges

Visuelle Wahrnehmung unterliegt Schwellen durch das Auflösungsvermögen. Das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges liegt bei einer Bogenminute. Dies ist der Schwellenwert, um zwei Linien visuell trennen zu können. Daraus resultieren je nach Betrachtungsabstand Mindestgrößen für lesbare Visualisierung. Bei Graphik im Printmedium löst das Auge bei einer Leseentfernung von 30 cm Linien von 0,08 mm auf. Die Kartographie kennt deshalb Mindestdimensionen von 0,1 mm für schwarze Linien auf weissem Grund, Linienabstände von 0,2 mm, usw.

Der Betrachtungsabstand bei der Arbeit am Monitor liegt bei etwa 50 cm; das Auge kann also Linien und Punkte von etwa 0,15 mm auflösen. Der für den Bildaufbau notwendige Bildpunkt liegt aber minimal bei 0,19 mm, das heisst, dass die Monitorauflösung schlechter ist als jene des Auges.

## Kartengraphik im Printmedium

In Auflage mittels Offsetdruck gedruckte Karten haben eine bemerkenswert hohe visuelle Qualität. Der Offsetdruck ermöglicht eine Auflösung von 10 bis 20 µm; dem entsprechen etwa 2500 bzw. 1200 dpi. Non-Impact-Printing, also der berührungsfreie Druck von Laserdruckern (Farbtonerdruck), Tintenstrahldruckern (Farbauftragverfahren) bringt bereits eine Auflösung von 20 µm (1200 dpi) und besser. Es lässt sich die Aussage machen, dass das Auflösungsvermögen des Auges in der Grössenordnung von bedrucktem Papier liegt (Brunner 2001 a).

## Monitortechnologie

Die elektronische Bildanzeige von Geoinformation erfolgt überwiegend an Monitoren am Arbeitsplatz oder häuslichem PC. Dabei werden gegenwärtig CRT-Monitore (Cathode Ray Tubes) von Flachbildschirmen mit Flüssigkristall-Technik verdrängt.

CRT-Monitore haben einen Kontrast von bis zu 300:1 (Verhältnis vom hellsten zum dunkelsten Bildpunkt); der Bildwinkel der Betrachtung beträgt horizontal und vertikal 180°. Ihr Nachteil ist der Platzbedarf und das Gewicht. Kathodenstrahlröhren haben Bildschirmgrößen von zumeist 15" bis 21". Hier ist allerdings zu beachten, dass die tatsächlich sichtbare Bilddiagonale bis zu 10% unter der angegebenen Bilddiagonale liegt. Tabelle 1 weist für CRT-Monitore gängiger Bildformate die Bildpunktgrößen in Millimeter und ppi (points per inch) aus.

## Flüssigkristallbildschirme

Flüssigkristallbildschirme (LCD = Liquid Crystal Displays) ermöglichen flache Bauweisen. Die ersten Monitore dieser Technik waren passive Displays mit geringer Brillanz und kleinem Betrachtungswinkel. Inzwischen kommen aktive Displays mit TFT-Technologie (Thin Film Transistor) zur Anwendung. Diese TFT-Monitore haben einen Kontrast bis zu 350:1, der Bildwin-

Zeilen x Spalten	Bilddiagonalen			
	15"	17"	19"	21"
800 x 600	0,34 mm 75 ppi	0,39 mm 65 ppi	0,44 mm 58 ppi	–
1024 x 768	0,27 mm 94 ppi	0,30 mm 85 ppi	0,34 mm 75 ppi	0,38 mm 67 ppi
1280 x 1024	0,21 mm 121 ppi	0,24 mm 106 ppi	0,27 mm 94 ppi	0,30 mm 85 ppi
1600 x 1200	–	0,19 mm 134 ppi	0,22 mm 115 ppi	0,24 mm 106 ppi
Bildschirmgrösse (cm)	27 x 20	31 x 23	35 x 26	38 x 29

Tab. 1.

kel beträgt horizontal bis zu 160°, vertikal weniger. Der Nutzungsbereich reicht vom Arbeitsplatzrechner über Notebooks bis zu kleinformatischen Displays mobiler Endgeräte. Tabelle 2 zeigt Bildpunktgrößen für LCD-Monitore am Arbeitsplatz und in Notebooks eingebaute. Die angegebene Bilddiagonale entspricht dabei der tatsächlich sichtbaren.

**Neuere Display-Techniken**

Eine zukunftssträchtige Monitortechnik scheint die Nutzung von lichtemittierenden Dioden zu sein (OLED = Organic Light Emitting Diode). Flache, sogar elastische Monitore dieser Technik können zukünftig offenbar wirtschaftlich günstig hergestellt werden. Diese Monitore dominierten auf der Jahrestagung 2002 der «Society for Information Display (SID)» im San Jose (USA). Eine Monitortechnologie mit gleichfalls sehr flachen und elastischen Monitoren, die sehr kleine Bildpunkte ermöglicht, dürfte die LEP-Technik (= Light Emitting Polymere) sein.

**Kleinformatische Monitore für mobile Endgeräte**

Mit Ausnahme der Kathodenstrahlröhren ermöglichen die angeführten Monitor-Techniken flache, kleine und leichte Bauweisen. Neben der Bauweise ist hier ein geringer Stromverbrauch und hohe Leuchtdichte für den Tageslichtbetrieb von Bedeutung.

Als Monitortechniken werden die in ihrer Entwicklung abgeschlossene LED-Technik (= Light Emission Diode) und überwiegend die LCD-Technik genutzt. Die oben aufgezeigten neueren Monitortechniken (OLED, LEP) sind noch nicht produktionsreif.

Als mobile Endgeräte sind hier Pocketcomputer (Handheld PCs) mit Displaygrößen von üblicherweise 60 x 80 mm<sup>2</sup> (Bilddiagonale 100 mm = 4"), GPS-Handgeräte mit sehr unterschiedlichen Displaygrößen, aber maximal 60 x 80 mm<sup>2</sup> und Mobiltelefone gemeint. Auflösungen und Bildpunktgrößen von Pocketcomputern, die inzwischen auch Farbdisplays haben, sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Zeilen x Spalten	Bilddiagonalen						
	In Notebooks integriert			Arbeitsplatzmonitore			
	12"	13,3"	14"	15"	15"	17"	18"
1024 x 768	0,24 mm 106 ppi	0,26 mm 98 ppi	0,28 mm 91 ppi	0,30 mm 85 ppi	0,30 mm 85 ppi	–	–
1280 x 1024	–	–	–	–	–	0,26 mm 98 ppi	0,28 mm 91 ppi
1400 x 1050	–	–	0,20 mm 127 ppi	0,22 mm 115 ppi			
1600 x 1200	–	–	–	0,20 mm 127 ppi			
Bildschirmgrösse (cm)	25 x 18	27 x 20	29 x 22	31 x 23	31 x 23	35 x 26	38 x 29

Tab. 2.

**Bildstörungen infolge Aliasing**

Die grundlegende Beschränkung der elektronischen Bildanzeige liegt in der Geometrie und der sichtbaren Grösse des Bildpunkts in der Rastermatrix der Bitmap-Graphik. Unabhängig von der Display-technik und auch der Beamer-Projektion sind diese Bildpunkte rechteckig, zumeist quadratisch. Ihre Seitenlängen liegen bei Monitoren am Arbeitsplatz (Tabelle 1 und 2) zwischen 0,34 und 0,19 mm, das sind 130 ppi und 70 ppi. Bei kleinformatischen Monitoren sind sie z.T. grösser (Tabelle 3). Dieser Bildaufbau hat zur Folge, dass Graphik und Schrift nicht «direkt», sondern «anstelle» durch sichtbare Bildpunkte substituiert wird, was zu visuell stark störenden «Treppeneffekten» führt. Man bezeichnet dies mit dem aus der Signaltheorie kommenden Begriff «Aliasing». Dieser Effekt führt bei Liniengraphik zu starker Graphikdeformation; dies wird auch bei zukünftig möglicherweise zu erwartenden Monitoren mit kleineren Bildpunkten der Fall sein.

**Bildverbesserungen mit Antialiasing**

Die Bildstörungen infolge Aliasing können durch Antialiasingmassnahmen minimiert werden. Hier werden Bildpunkte aus Mischfarben der Graphik und des Bildhintergrunds angebracht, die so er-

Zeilen x Spalten	Bildpunktgrößen
320 x 320	0,25 x 0,19 mm <sup>2</sup>
320 x 240	0,25 mm <sup>2</sup>
240 x 160	0,33 x 0,28 mm <sup>2</sup>
160 x 160	0,5 x 0,38 mm <sup>2</sup>
160 x 120	0,5 x 0,5 mm <sup>2</sup>
80 x 60	1,0 x 1,0 mm <sup>2</sup>

Tab. 3.

zeugte Unschärfe löst die Konturen der «Treppenstufen» auf und minimiert Aliasing durch Kantenglättung. Allerdings verlangen solche Antialiasingmassnahmen Rechenzeiten und somit längere Bildaufbauzeiten, was aber bei statischen Bildanzeigen problemlos ist. Antialiasing ist bei vielen Graphik- und Präsentationsprogrammen Standard.

## Elektronische Bildanzeige von Geoinformation am Arbeitsplatzrechner

Für ortsfeste CRT-Monitore und Bildschirme der LCD-Technik am Arbeitsplatzrechner (Desktop) gibt es vielfältige Angebote zur Visualisierung von Geoinformation, vorgehalten auf CD-ROM und im Internet.

### Bildanzeige statischer Karten

Das Sortiment von Kartengraphik für elektronische Bildanzeigen ist reichlich und zeigt fürs erste, dass man Karten nach wie vor gute Eignung zur Visualisierung von Geodaten zuzuspricht. Häufig sind diese Karten autonome Produkte ohne oder mit geringer Interaktion, seltener sind sie sinnvollerweise Bestandteil von Auskunftssystemen oder multimedialer Angebote.

Die elektronische Bildanzeige von Karten hat grundsätzliche Beschränkungen durch das Bildschirmformat, das feste Seitenverhältnis 3:4 (was allerdings für die Schweiz eher zum Vorteil gereicht) und vor allem durch Bildstörungen infolge Aliasing. Brauchbare, für die elektronische Bildanzeige adaptierte Kartengraphik findet sich selten. Ein Grossteil der

Angebote benutzt Kartengraphik des Printmediums, die sich gerade bei feiner Liniengraphik am wenigsten für die Bildschirmvisualisierung eignet.

Eine Forderung nach guter, für die Bildschirmvisualisierung geeigneter Kartengraphik ist kein ästhetisch begründeter Luxus oder Selbstzweck, sondern zwingend für eine eindeutige Information (Spiess 1996 a und b). Eine kritische Auseinandersetzung bleibt aus (Brunner 2001a und b). Die Kartographie sorgt kaum für eine geeignete Graphik, adaptiert für elektronische Bildanzeigen. Lediglich Arbeiten von Lutterbach (1997), Malic (1998), Müller und Dietrich (1998) und Neudeck (2001) beschäftigen sich mit diesem Themenkreis.

### Geeignete Kartengraphik

Dabei kann eine für die elektronische Bildanzeige geeignete Kartengraphik und -schrift sowie vor allem eine optimierte Rasterkonvertierung und das bereits angesprochene Antialiasing zu adaptierter und verbesserter Bildanzeige führen. Ein optimiertes «screen design» für Kartengraphik sollte der Bildschirmgröße und -auflösung durch eine geringe graphische Dichte und geeignete Signaturen und Schriften gerecht werden. Gerade im Bereich der Schrift gibt es im hohen Masse befriedigende Lösungen (Turtschi 2000).

Aufgabe der Kartographie wäre es, Regelwerke für die Bildschirmvisualisierung von Kartengraphik zu erstellen. Notwendige Mindestgrößen ergeben sich dabei aus dem Sehvermögen des Auges und der Geometrie und Grösse des Bildpunkts. Kürzlich legte Neudeck (2001) einen begründeten Vorschlag für adaptierte Kartengraphik für topographische Karten vor.

### Rasterkonvertierung

Neben der Nutzung geeigneter Kartengraphik ist die Transformation in die Bildpunktmatrix der Bildanzeige von fundamentaler Bedeutung. Die Rasterkonvertierung muss so erfolgen, dass Signaturen und Schriften stets in gleicher Weise in die Bildpunktmatrix transformiert werden. Bei der Nutzung von Vektordaten ist die Rasterkonvertierung eine Aliasierung; bei bereits vorhandenen Rasterdaten müssen diese in die Bildpunktmatrix der Bildanzeige transformiert werden.

Abb. 1 zeigt dies an einem Buchstaben: links der «ursprüngliche, analoge» Buchstabe, in der Mitte eine Rasterkonvertierung ohne Rücksicht auf die Bildpunktmatrix; rechts eine geeignete Rasterkonvertierung (nach Turtschi 2000).

### Kartenanimation

Raum-zeitliche Prozesse lassen sich durch kartographische Animation unmittelbar in dynamischer Weise präsentieren (Dransch 1997). Diese Möglichkeit ist zweifellos eine der Stärken elektronischer Visualisierungen von Karten. Gedruckte und somit passive Karten können dynamische Vorgänge allenfalls kinematisch und nur recht umständlich wiedergeben. Für kartographische Animationen lassen sich infolge der notwendigen Bewegung Bildverbesserungen, wie optimierte Kartengraphik und richtige Rasterkonvertie-

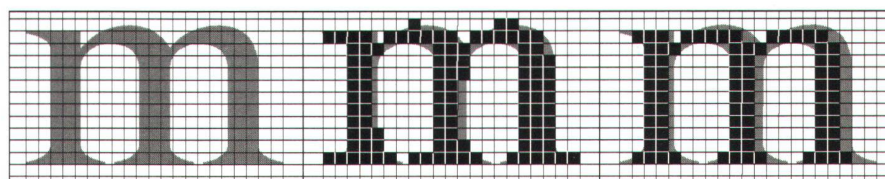


Abb. 1.

rung nicht nutzen. Antialiasingmassnahmen können hier wegen der dafür nötigen beträchtlichen Rechnerleistung zu meist nicht zum Tragen kommen.

### 3D-Darstellungen

In vielen Bereichen werden 3D-Visualisierungen von Topographie erwartet, sei es natürliches Gelände oder anthropogene Landschaft, wie Stadtmodelle. Virtual Reality erlaubt inzwischen Bemerkenswertes (Grün 2001).

Auffällig ist dabei, dass man bei 3D-Stadtmodellen grossen Aufwand betreibt, durch geeignete Beleuchtung Kanten an Gebäude heraus zu arbeiten. Bei animierten Visualisierungen mit langsamen Bewegungen auf dem Bildschirm bringen dann gerade diese Kanten ein extrem unruhiges Bild durch das Wandern der scharfen Kanten durch die Bildpunkt-Matrix. Ähnliches gilt für scharfe Kanten im Relief bei Landschaftsmodellen und Panoramen; allerdings bleiben die visuellen Störungen hier geringer

Abhilfe durch Antialiasingmassnahmen lassen die hohen Rechenzeiten allgemein nicht zu. Es ist aber anzunehmen, dass bei Trainingssimulationen etwa für Militärflugzeuge sehr schnelle Rechner solche Lösungen ermöglichen.

### Kleinformatige Bildanzeigen an mobilen Endgeräten

Im Mobilfunkbereich werden zukünftig mobile Endgeräte mit Displays für «ortsbezogene Dienste» von Bedeutung sein. «Location Based Services (LBS)» können infolge der Kenntnis des Standorts des Mobilfunkteilnehmers für den Standort relevante Informationen anbieten (Wunderlich 2001). Diese Anwendung stellt in nächster Zeit nicht nur für Ortung, Navigation und GIS hohe Anforderungen, sondern fraglos auch für die Kartographie.

Die hierzu geeignete Monitortechnologie sind LCD und zukünftig wohl auch Displays mit organischen Leuchtdioden (OLED) und solche mit lichtemittierenden

Polymeren (LEP). Displays an mobilen Endgeräten mit Formaten von 35 x 35 mm<sup>2</sup> bis 60 x 80 mm<sup>2</sup> lassen gewohnte Kartographie wohl nicht zu, auch wenn Anbieter solcher Geräte dies in gedruckten Werbematerialien glaubhaft machen wollen. Für eine Bildanzeige von Geoinformation lassen sich lediglich sehr stark vereinfachte Kartographie oder Topogramme im Zusammenspiel mit Piktogrammen realisieren.

Ein Topogramm (Kartenschema, schematische Karte, Linienkartogramm) ist eine stark vereinfachte schematische unmassstäbliche Darstellung räumlicher Erscheinungen und Beziehungen, jedoch mit richtig erhaltener Topologie.

Für stark vereinfachte Kartographie mit Piktogrammen und platzsparende Topogramme an kleinformatigen Displays mit geringer Auflösung besteht fraglos Entwicklungsbedarf. Nehmen Kartographen diese Aufgabenstellung nicht wahr, so werden auch hier Gerätehersteller und Softwareentwickler unprofessionelle Lösungen bringen.

#### Literatur:

Brunner, K. (2000): Limitierungen bei der elektronischen Bildschirmanzeige von Karten. In: Schmidt, B., Uhlenkük C. (Hrsg.): Visualisierung raumbezogener Daten: Methoden und Anwendungen. Bd. II, Beiträge zum 3. GeoViSC-Workshop. IfGI-Prints, Heft 8, Münster, S. 35–47.

Brunner, K. (2001a): Kartengestaltung für elektronische Bildschirmanzeige von Karten. In: Kartographische Bausteine, Bd. 19. Dresden, S. 76–88.

Brunner, K. (2001b): Kartographie am Bildschirm – Einschränkungen und Probleme. Kartographische Nachrichten, 51 Jg., S. 233–239.

Dransch, D. (1997): Computer-Animation in der Kartographie. Theorie und Praxis. Berlin Heidelberg, 145 S.

Gruen, A. (2001): Cities from the Sky. Geo-Informatics. Vol. 4, p 1–3.

Kipphan, H. (2000): Handbuch der Printmedien. Berlin Heidelberg, 1246 S.

Lutterbach, D. (1997): Auswirkungen der Bildschirm-Visualisierung auf die kartographische Darstellung der raumbezogenen Planung. Schriftenreihe des Instituts für Kartographie

und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Heft 24, Bonn, 134 S.

Malic, B. (1998): Physiologische und technische Aspekte kartographischer Bildschirmvisualisierung. Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Heft 25, Bonn, 192 S.

Müller, M., Dietrich, J. (1998): Gestaltung kartographischer Erzeugnisse für digitale Medien. In: Dresdner Kartographische Schriften. Beiträge zum 47. Deutschen Kartographentag, Dresden, S. 7–18.

Neudeck, S. (2001): Zur Gestaltung topografischer Karten für die Bildschirmvisualisierung. Schriftenreihe Geodäsie und Geoinformation, Universität der Bundeswehr München, Heft 74, 132 S.

Neudeck, S., Brunner, K. (2001): Anforderungen an die kartografische Visualisierung von Geodaten am Bildschirm. Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII. Beiträge zum AGIT-Symposium, Salzburg, S. 342–347.

Spiess, E. (1996 a): Attraktive Karten – Ein Plädoyer für gute Kartographie. In: Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien. Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 96. Kartographische Publikationsreihe der Schweizerischen Gesellschaft für Kartographie, Nr. 14, S. 56–69.

Spiess, E. (1996 b): Digitale Technologie und graphische Qualität von Karten und Plänen. Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik, Jg. 94, Heft 9, S. 467–472.

Turtschi, R. (2000): Mediendesign. Silgen, 349 Seiten.

Wunderlich, Th. (2001): Ortsbezogene Information – jederzeit und überall. Zeitschrift für Vermessungswesen, 126. Jg., S. 117–122.

Prof. Dr.-Ing. Kurt Brunner  
Lehrstuhl für Kartographie und Topographie  
Universität der Bundeswehr München  
D-85577 Neubiberg  
kurt.brunner@unibw-muenchen.de