

# Graphische und kartographische Aspekte der Bildanzeige

Kurt Brunner und Stefan Neudeck, Neubiberg

## Zusammenfassung

Bildschirme verschiedener Bildformate finden verbreitet zur Darstellung von Graphik und kartographischen Darstellungen Anwendung. Jede Graphik am Bildschirm unterliegt Bildstörungen, die exemplarisch gezeigt werden. Die Lesbarkeit kann jedoch durch bestimmte Maßnahmen verbessert werden. Geräte mit kleinen Monitoren lassen die Wiedergabe gewöhnlicher Darstellungen dennoch meist nicht zu. Für solche Geräte, die auch für den mobilen Einsatz vorgesehen sind, muss die Vereinfachung der Graphik angestrebt werden.

## Abstract

Screens of various sizes will be used for presentation of graphics and maps. Each image on screen is presented with jagged graphic elements, which will be shown exemplarily. The readability can be upgraded with specific means. Regardless, the presentation of normal (map) graphics, similar to printed products, is not possible on devices with small displays. Graphics for such devices has to be simplified.

## 1 Einleitung

Gegenwärtig finden sich umfangreich Bildanzeigen von Daten, Texten, Bildern und Graphiken an Monitoren. Ausgiebig wird so auch mit insgesamt leistungsfähiger Hardware Geoinformation vorgehalten und an Bildschirmen in üblichen Größen visualisiert. Allerdings zeigen sich bei der Schlüsselkomponente Monitor nicht unerhebliche Restriktionen für die Bildanzeige.

Die zu erwartenden ortsbezogenen Dienstleistungen an mobilen Endgeräten benötigen im allgemeinen auch Bildanzeigen. Hierbei sind nur sehr kleinformatige Displays möglich, die bei der Bildanzeige von Geoinformation diese Restriktionen noch erheblich steigern.

## 2 Ausgewählte Bildschirmtechniken

Die Bildschirmtechnik ist, abgesehen von der Entwicklung von Kathodenstrahlröhren, ein verhältnismäßig junges Gebiet der Physik und Elektrotechnik. Sicher ist dies einer der Gründe, dass bis heute in großem Umfang sowohl an der weiteren Entwicklung etablierter Techniken, als auch an der Forschung nach neuen Bildschirmtechniken gearbeitet wird, und hier offenbar noch genügend Spielraum vorhanden ist. Das Ziel dieser Aktivitäten ist neben der Verminderung der Produktionskosten die Verbesserung der ergonomischen Eigenschaften von Bildschirmen, z.B. die Reduzierung der Bildpunktgröße und die Vergrößerung der Leuchtdichte. Im Folgenden werden

die Flüssigkristalltechnik als eine heute dominierende Bildschirmtechnik und einige neue, viel versprechende Entwicklungen charakterisiert, die zukünftig verstärkt in mobilen Geräten zum Einsatz kommen können.

## 2.1 Flüssigkristallbildschirme

Die Flüssigkristalltechnik basiert auf den Eigenschaften von Flüssigkristallen, die sich in einem trägen Zustand zwischen dem festen und dem flüssigen Aggregatzustand befinden und deren Moleküle ähnlich Kristallen eine Orientierungsrichtung aufweisen. Zwei Polarisatoren, zwischen denen die Flüssigkristallsubstanz eingeschlossen ist, bewirken, dass Lichtwellen nur einer Schwingungsebene passieren können. Als Lichtquellen dienen leistungsstarke Leuchtstofflampen. Beim heute weit verbreiteten Aktivmatrixverfahren wird die Helligkeit jedes Bildpunktes durch einen Transistor gesteuert (TFT – *Thin Film Transistor*). Beim Anlegen einer Spannung erscheinen die Bildpunkte dunkel, da sich die Flüssigkristallmoleküle zu den Polarisatoren senkrecht anordnen und den Lichtdurchlass verhindern. Der Grad des Lichtdurchlasses wird durch verschiedene Höhen elektrischer Spannungen festgelegt und so die Helligkeit der Bildpunkte gesteuert. Da die Lichtquelle weißes Licht aussendet, wird es durch Farbfilter für jede Grundfarbe gefiltert. Aktivmatrix-Flüssigkristallbildschirme werden heute nahezu ausschließlich für tragbare Computer produziert. Sie haben wegen ihrer guten ergonomischen Eigenschaften (geringe Bautiefe und geringes Gewicht) auch für Arbeitsplatzrechner große Bedeutung, die in Zukunft weiter zunehmen wird. Einen umfassenden Überblick über die Flüssigkristalltechnik gibt bereits JACKÈL (1992). Neue Entwicklungen werden vor allem auf den jährlich stattfindenden SID-Konferenzen (SID – *Society for Information Display*) vorgestellt. Die Forschung konzentriert sich vor allem auf die Untersuchung der Eignung von Substanzen, mit denen Farbdarstellung und Leuchtdichte verbessert bzw. erhöht werden können.

## 2.2 Weitere Bildschirmtechniken

Bisher werden überwiegend für die großformatige Präsentation Plasmabildschirme hergestellt. Ihre Technik macht sich die Eigenschaften ionisierender Gase (Plasma) und die Lichtaussendung von Phosphoren zum Nutzen. Plasma ist elektrisch leitfähig, wobei ab einer bestimmten Stromstärke Leuchterscheinungen auftreten (sog. Plasmaeffekt). Ein Bildelement des Plasmabildschirms besteht aus zwei Elektroden, die parallel zueinander angeordnet sind. Die hintere der Elektroden (Anzeigeelektrode) verfügt an ihrer Oberfläche über eine Magnesiumoxidschicht. An der vorderen Elektrode (Adresselektrode) sind meist streifenförmig angeordnete Phosphorschichten aufgetragen. Zwischen beiden Elektroden befindet sich ein Hohlraum, der mit Plasma (z. B. Neon-Xenon-Gemisch) gefüllt ist. Ein Stromfluss zwischen beiden Elektroden veranlasst die Entladung der Gasionen und die Freisetzung ultravioletter Strahlung. Die Strahlung emittiert sichtbares Licht durch Aktivierung der Phosphorpunkte (BLANKENBACH 1999).

Die auf der Verwendung organischer Substanzen als Emittiermaterial basierende Bildschirmtechnik Licht emittierender Dioden (OLED – *Organic Light Emitting Diode*) ist eine junge Technik. SCHEUERER (2000) bezeichnet diese Monitore als die derzeit vielversprechendste neue Bildschirmtechnik. OLED-Bildschirme können preiswerter als die oben beschriebenen Monitore und transparent hergestellt werden, woraus sich ein breites Anwendungsspektrum ergibt. Von einer transparenten Anode aus werden der ersten organischen Schicht Hohlräume (*hole injection layer*) zugeführt. An der Kathode werden Elektronen injiziert. Bei Überschreitung einer Schwel-

lensspannung treffen Hohlräume und Elektronen zusammen. Die Elektronen emittieren Licht durch den Elektrolumineszenzeffekt. OLED-Bildschirme können wie Flüssigkristall-Monitore im Passiv- oder Aktivmatrixverfahren betrieben werden.

Im Hinblick auf die Entwicklung kleinerer Bildpunkte erscheint die LEP-Technologie besonders interessant (LEP – *Light Emitting Polymers*). LEP-Bildschirme werden wesentlich preiswerter zu produzieren sein, als dies heute bei Flüssigkristallbildschirmen der Fall ist. Die Kunststoffe, aus denen sie bestehen, geben ihnen eine elastische Gestalt. Sie sind nur wenige Millimeter dick. Zwischen zwei Elektroden werden Polymerschichten, deren Eigenschaften denen von Halbleitern ähneln, eingeschlossen. Das Anlegen einer Spannung veranlasst das Auftreten von Leuchterscheinungen an der lichterzeugenden (oberen) Polymerschicht. Hauptvorteil der Technik ist, dass die Bildschirme Selbstleuchter sind, eine Hintergrundbeleuchtung entfällt, wodurch der Betrachtungswinkel  $180^\circ$  beträgt und die Produktion sehr flacher Bildschirme möglich ist.

### 2.3 Bildpunktgrößen

Die Anwendungsspektren der beschriebenen Bildschirmtechniken sind teilweise verschieden. Zum Beispiel wird die Plasmatechnik ausschließlich für die Produktion großformatiger Bildschirme verwendet. Solche Bildschirme eignen sich nur für verhältnismäßig große Betrachtungsabstände und kommen deshalb mit größeren Bildpunkten als andere Techniken aus. Aber auch die unterschiedlichen Entwicklungsstände (z.B. zwischen der ausgereiften Flüssigkristalltechnik und den in der Entwicklung befindlichen OLED-Bildschirmen) lassen einen unmittelbaren Vergleich technischer Parameter nicht in jedem Fall zu.

Zu den Vorteilen von Aktivmatrix-Flüssigkristallbildschirmen zählt, dass sie in verschiedensten Größen und Auflösungen hergestellt werden können. Ihre Leuchtdichten sind ähnlich verschieden und erreichen bis  $350 \text{ cd/m}^2$ . Bei der Bildpunktgröße lässt sich ein Trend zur Verkleinerung feststellen. Bei noch vor wenigen Jahren produzierten Geräten besaßen die Pixel Ausdehnungen von  $0,30 \times 0,30 \text{ mm}^2$  bis  $0,35 \times 0,35 \text{ mm}^2$ . Heute werden bereits portable PCs mit Bildpunktgrößen um  $0,20 \times 0,20 \text{ mm}^2$  hergestellt.

OLED-Bildschirme erreichen heute bereits die Bildqualität von Kathodenstrahlröhren und unterliegen einer rasanten Entwicklung. Mit dem Aktivmatrixverfahren sind zumindest bei kleinen Monitoren hohe Farbtiefen und Auflösungen möglich. FUKUDA et al. (1999) beschreiben einen vollfarbig arbeitenden 5,2“-OLED-Bildschirm mit  $320 \times 240$  Bildpunkten (Bildpunktgröße ca.  $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$ ). In RAJESWARAN et al. (2000) wird die Entwicklung eines kleinen OLED-Bildschirms mit dichter Bildpunktmatrix und kleiner Bildpunktgröße (vertikal  $0,16 \text{ mm}$ , horizontal  $0,06 \text{ mm}$ ) beschrieben. Bei neuesten Entwicklungen, die auf der SID-Konferenz 2001 vorgestellt wurden, sind die Bildpunkte noch kleiner (Kantenlänge:  $0,015 \text{ mm}$ ). Eine neue Qualität bei der Produktion größerer OLED-Bildschirme wurde im Jahre 2001 erreicht, in dem die Firma Sony einen vollfarbigen Monitor mit  $33 \text{ cm}$  Bilddiagonale ( $13''$ ), einer Auflösung von  $800 \times 600$  Bildpunkten und einem Kontrastverhältnis von  $300:1$  präsentierte (MAISER und EHRFELD 2001).

Das Kontrastverhältnis von LEP-Bildschirmen erreicht heute noch nicht Werte von etablierter Bildschirmtechnik. Hohe Farbtiefe kann aber realisiert werden. Ein kleinformatiger LEP-Bildschirm mit einer Bilddiagonale von  $7 \text{ cm}$  und einer Auflösung von  $250 \times 150$  Bildpunkten (Pixelgröße:  $0,24 \times 0,24 \text{ mm}^2$ ) wurde auf der letztjährigen SID-Konferenz vorgestellt. Im Allgemeinen entspricht die Bildpunktgröße bei diesen Monitoren etwa der von heute üblicher Bild-

schirmtechnik, wird aber zukünftig verkleinert werden können. SHIMODA et al. (1999a und b) stellen einen LEP-Bildschirm mit 5 cm Bilddiagonale und 800 x 236 Bildpunkten vor. Die Pixelgröße beträgt hier nur 0,05 x 0,13 mm<sup>2</sup> (Sub-Pixel 0,01 x 0,086 mm<sup>2</sup>).

## 2.4 Bildschirme für den mobilen Einsatz

Die Bildschirme der beschriebenen Techniken zeichnen sich durch flache Bauweise, höhere Auflösung und brillante Farbdarstellung aus. Bis auf die Plasmatechnik eignen sie sich alle für die Verwendung in mobilen Geräten. Bis heute sind teilweise jedoch nur sehr kleine Bildschirme herstellbar. Die Entwicklung der Techniken wird aber mit Sicherheit fortschreiten und neue Einsatzmöglichkeiten eröffnen. Ein Trend ist die Entwicklung von Geräten mit aufrollbarem Display.

Die erheblichen Ersparnisse an Platz und Gewicht machen Bildschirme einiger Techniken für mobile Geräte besonders geeignet. Solche sind z. B.:

- Übliche Notebooks, die inzwischen nicht mehr nur die mobile Variante des herkömmlichen PCs sind und die als kleinere und leistungsfähigere Geräte vielseitig einsetzbar sind,
- Portable Mini-PCs (Handheld PC, Palm Top),
- Elektronische Feldbücher,
- Navigationsgeräte mit großformatigen Displays auf der Schiffsbrücke, mit mittelgroßen im Flugzeugcockpit, kleineren in Fahrzeugnavigationsanlagen und sehr kleinformatigen in GPS-Handys

Neben der Bauweise bestimmen noch andere Parameter den Grad der Eignung für den ortsunabhängigen Einsatz. Diese Parameter sind geringer Stromverbrauch bzw. niedrige Leistungsaufnahme, Tageslichttauglichkeit bzw. hohe Leuchtdichte, großes Kontrastverhältnis und geringes Gewicht. Außer der Plasmatechnik haben die in diesem Aufsatz beschriebenen Techniken bei diesen Parametern überwiegend gute Eigenschaften. Heute findet man in mobilen Geräten mit mehrfarbigem Monitor meistens Flüssigkristallbildschirme, die, wie bereits erwähnt, auch in den verschiedensten Größen hergestellt werden können. Von den jüngeren Techniken werden zukünftig vor allem OLED- und LEP-Bildschirme an Bedeutung gewinnen. Sie sind zum einen preiswerter herstellbar, können zum anderen, im Gegensatz zu Flüssigkristall-Monitoren, über eine elastische Gestalt verfügen, das heißt gerollt oder gefaltet in mobile Geräte platzsparend integriert werden. Ein Produktbeispiel für solche Geräte stellen MAISER et al. (2000) vor.

## 3 Bildstörung

Die Bildpunktgrößen heutiger Bildschirmstechniken wurden soeben aufgezeigt. Die Ausdehnung und die rechteckige Gestalt der Pixel führen zu einer sichtbaren Bildstörung. Eine ausführliche Darstellung dieser Bildstörungen und ihre Konsequenzen für die kartographische Darstellung befindet sich z. B. in NEUDECK (2001). Zusammenfassend ist festzustellen, dass

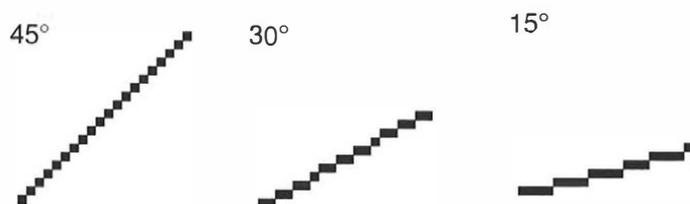
- rechteckige Graphikbestandteile als solche bei paralleler Lage zur Bildpunktmatrix gut erkennbar sind, bei anderer Lage ebenso wie dreieckige Formen aber zu unleserlichen Gebilden zerfallen können,
- Linien in den Mindestmaßen konventioneller Graphik zum Teil als Folge lose zusammenhängender Bildpunkte erscheinen,

- kleine Flächen mit Kontur schlecht erkennbar sind, da der Umriss in die Breite von mindestens einem Bildpunkt überführt wird,
- zusammengesetzte Zeichen konventioneller Karten in der Bildpunktmatrix schlecht erkennbar sind, da ihre Bestandteile ineinander verschmelzen,
- zu geringe Abstände zwischen Zeichen deren Verschmelzung bewirken,
- insbesondere kleine Schriften kaum lesbar sind, da bei ihnen viele Bildstörungen wirken.

In NEUDECK (2001) wird für kartographische Darstellungen außerdem gezeigt, dass die Bildstörungen auch bei Vergrößerung der Graphik deutlich werden und dass das Erscheinungsbild der gesamten Graphik von ihrer Lage (Richtung) in der Bildpunktmatrix abhängig ist. Diese Aussagen sind jedoch nicht nur für komplexe Graphik gültig, sondern lassen sich auf graphische Darstellungen im Allgemeinen übertragen, solange deren Bestandteile nicht in die Bildpunktmatrix eingepasst werden, d.h. nicht ausschließlich waagrecht oder senkrecht verlaufen. Abbildung 1 zeigt Beispiele für Bildstörungen bei der Visualisierung am Bildschirm für Graphik und kartographische Darstellungen.

### Grafikdetails

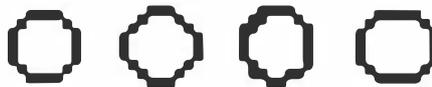
Treppeneffekt und richtungsabhängige Störung



Deformation der Gestalt bei verschiedener Lage in der Bildpunktmatrix



Deformation von Kreisen bei verschiedenen Lagen in der Bildpunktmatrix

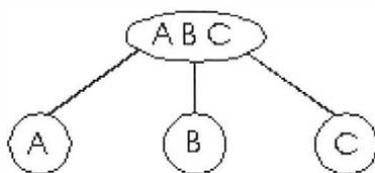


Variierende Linienintensität bei Kreisbögen



### Einfache Grafikbeispiele

schlecht lesbar



gut lesbar

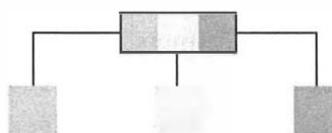


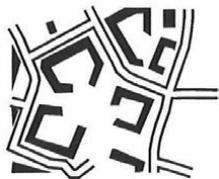
Abb 1: Bildstörung bei der Anzeige von Graphik am Bildschirm

#### 4 Kartographische Aspekte

Um mobile Endgeräte für ortsbezogene Dienste einsetzen zu können, müssen räumliche Zusammenhänge auf den Displays so dargestellt werden, dass der Nutzer sie sofort erkennen und darauf reagieren kann. Dies wird jedoch durch die Darstellungsbeschränkungen kleiner Displays erschwert. Die zur Verfügung stehende Fläche, die Größe der Bildpunkte, die geringe Anzahl von Graustufen bzw. von Farben lassen keine der konventionellen Karte ähnliche Darstellung zu (Abbildung 2).

##### Kartendetail

konventionell

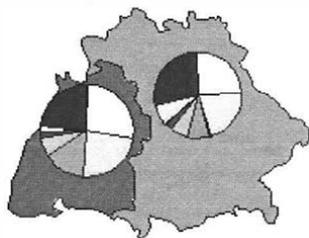


am Bildschirm

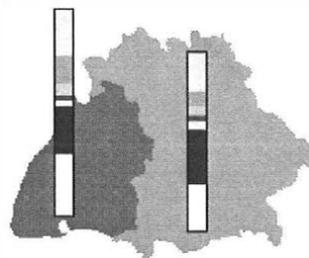


##### Detail thematischer Karte

für die Bildschirmvisualisierung  
schlecht gestaltet



für die Bildschirmvisualisierung  
gut gestaltet



Erscheinungsbild bei konventionellen Karten zum Vergleich

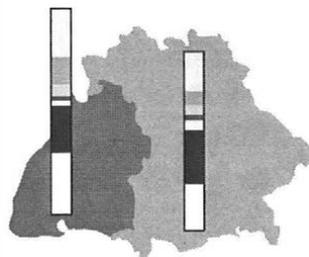
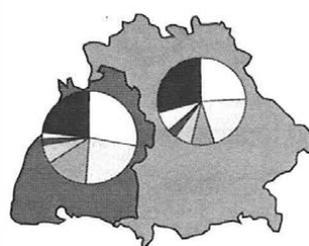


Abb 2: Konventionelle Kartendetails versus elektronische Bildanzeige

#### 5 Topogramme

Kleinformatige Displays an mobilen Endgeräten von geringer Größe lassen im Allgemeinen wegen des geringen Bildformats und der schlechten Auflösung kaum vertraute Kartengrafik zu, auch wenn Hersteller solcher Geräte in Prospekten dies glaubhaft machen wollen.

Die Kartographie kennt aber seit langem stark schematische Darstellungen ausgewählter Geoinformation, die nur geringen Platzbedarf benötigen: Topogramme. Ein Topogramm (auch: Kartenschema, schematische Karte; Linienkartogramm, Linienübersicht) ist eine stark schematisierte

kartographische Darstellungsform, die weitgehend unmaßstäblich ist, jedoch topologisch richtige Lagebeziehungen aufzeigt. Hilfreich kann die zusätzliche Nutzung von Piktogrammen sein.

Topogramme werden im Printmedium umfangreich für die Darstellung von Streckennetzen, angefangen vom öffentlichen Nahverkehr bis hin zu internationalen Flugverbindungen genutzt und genießen im ersten Fall eine weit größere Akzeptanz als reine kartographische Darstellungen.

Für die kleinformative Bildanzeige von „Location based Services“ und die hier gewünschte Geoinformation bieten sich diese platzsparenden Topogramme mit einfach strukturierter Graphik geradezu an. Die Kartographie ist damit aufgefordert, für kleinformative Displays geeignete Lösungen auch in Hinblick auf die geringe Auflösung und die störende Bildpunktmatrix mit erkennbaren zumeist quadratischen Bildpunkten zu entwickeln. Nehmen die Kartographen diese Aufgabe nicht wahr, so wird es auch hier unprofessionelle Lösungen von Geräteherstellern und Softwareentwicklern geben, wie bisher auch schon bei kartographischen Bildanzeigen an großformatigen Monitoren.

Abbildung 3 zeigt ein Beispiel eines Topogramms für einen kleinformativen Bildschirm der Größe 60 x 80 mm. Dabei werden die üblichen Auflösungen 150 x 200 (links) und 240 x 320 Bildpunkte (rechts) solcher Geräte simuliert. Die Nebeneinanderstellung zeigt, dass bei kleinen Anzeigeflächen hohe Auflösungen angestrebt werden sollten. Die Bildstörungen werden ansonsten auch durch den im Vergleich zum Arbeitsplatzmonitor geringeren Betrachtungsabstand deutlicher sichtbar.

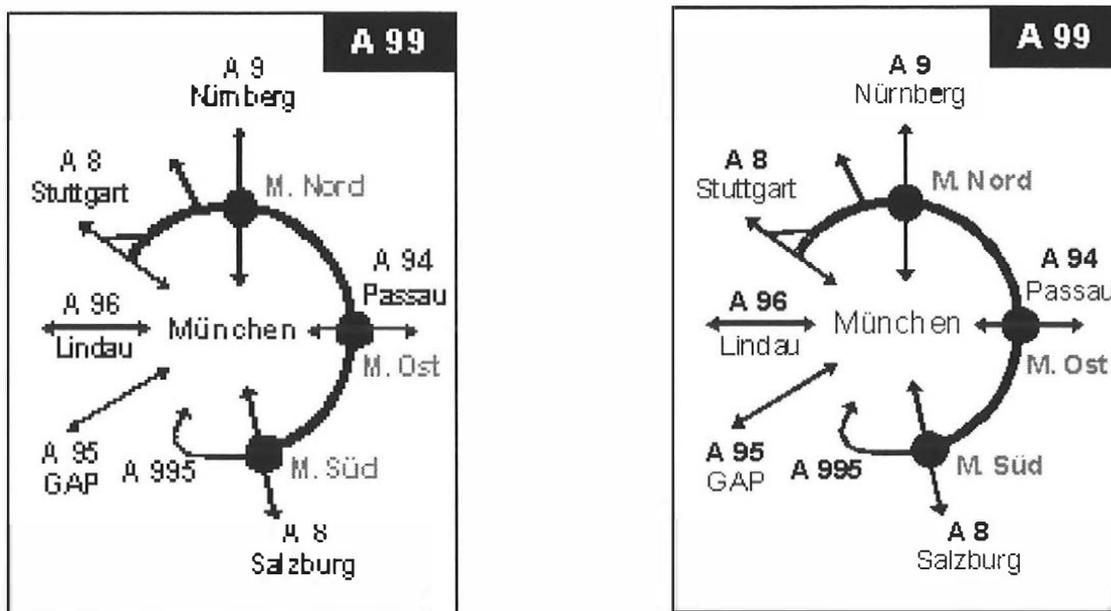


Abb. 3: Beispiel für ein Topogramm

## Literatur

Blankenbach, K.: MULTIMEDIA-DISPLAYS – VON DER PHYSIK ZUR TECHNIK. Physikalische Blätter 5/55 (1999), S. 33 – 38.

Brunner, K.: KARTENGRAPHIK AM BILDSCHIRM – EINSCHRÄNKUNGEN UND PROBLEME. Kartographische Nachrichten, Heft 5 (2001), S. 233 – 239.

- Brunner, K.:* KARTENGESTALTUNG FÜR ELEKTRONISCHE BILDANZEIGEN. Kartographische Bausteine, Bd. 19. TU Dresden (2001), S. 76 – 88.
- Fukuda, Y., S. Miyaguchi, S. Ishizuka et al.:* ORGANIC LED FULL COLOR PASSIVE-MATRIX DISPLAY. SID 1999 Proceedings, Publikation auf CD-ROM (1999).
- Jackèl, D.:* GRAFIK-COMPUTER. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (1992).
- Maiser, E., W. Ehrfeld, K. Hecker und M. Weber:* PERSPEKTIVEN FÜR EINE FLACHDISPLAY-PRODUKTION IN DEUTSCHLAND – DAS DEUTSCHE FLACHDISPLAY-FORUM (DFF). Konferenzband zur 15. Electronic Displays, Berlin (2000), S. 16 – 22.
- Maiser, E. und W. Ehrfeld:* DISPLAY-NEWS VON SID UND DFF. Konferenzband zur 16. Electronic Displays, Wiesbaden (2001), S. 10 – 16.
- Neudeck, S.:* GESTALTUNG TOPOGRAFISCHER KARTEN FÜR DIE BILDSCHIRMVISUALISIERUNG. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, H. 74, Neubiberg (2001).
- Rajeswaran, G., M. Itoh, M. Boroson et al.:* ACTIVE MATRIX LOW TEMPERATURE POLY-SI TFT / OLED FULL COLOR DISPLAYS: DEVELOPMENT STATUS. SID 2000 Proceedings, 40-1, Publikation auf CD-ROM (2000).
- Scheuerer, A.:* SID-2000 – NEUES VON DER DISPLAYFRONT. In: *Network GmbH (Hrsg.): KONFERENZBAND ZUR 15. ELECTRONIC DISPLAYS.* Berlin (2000), S. 10 – 15.
- Shimoda, T., S. Kanbe, H. Kobayashi et al.:* MULTICOLOR PIXEL PATTERNING OF LIGHT-EMITTING POLYMERS BY INK-JET PRINTING. SID 1999 Proceedings, Publikation auf CD-ROM (1999).
- Shimoda, T., M. Kimura, S. Miyashita et al.:* CURRENT STATUS AND FUTURE OF LIGHT EMITTING POLYMER DISPLAY DRIVEN BY POLY-SI TFT. SID 1999 Proceedings, Publikation auf CD-ROM (1999).