

5 Ausgabe digitaler Bilder

In diesem Kapitel soll kurz erläutert werden, wie graphische Daten auf den beiden gängigsten Ausgabemedien Bildschirm und Drucker ausgegeben werden.

5.1 Ausgabe digitaler Bilder auf einem Bildschirm

Um ein zuvor definiertes Bild auf einem Rasterdisplay darstellen zu können, werden nacheinander mehrere Einzelschritte durchlaufen. Die drei Hauptbestandteile des Rasterdisplays sind dabei die Komponenten zur Bilderzeugung, Bildspeicherung und Bilddarstellung; siehe Abbildung 5.1.

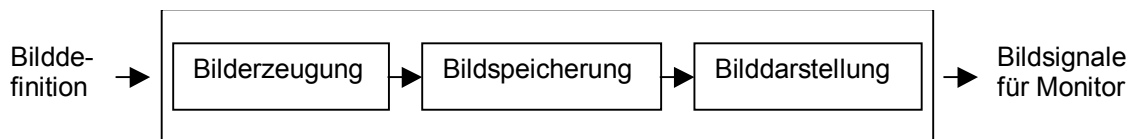


Abb. 5.1: Hauptkomponenten eines Rasterdisplays

Falls das auszugebende Bild bereits in Rasterdarstellung vorliegt, (z.B. gescanntes Bild), so beschränkt sich die Aufgabe der Bilderzeugungskomponente darauf, das Bild in den Bildspeicher zu schreiben. Andernfalls muss die Bilderzeugungskomponente das vektoriell definierte Bild zuvor noch in die Rasterdarstellung konvertieren; (siehe Kapitel 3). Die Bilddarstellungskomponente liest das Bild als Folge von Bildpunkten aus dem Bildspeicher aus und überträgt die Pixel seriell zum Monitor, auf dem sie zeilenweise von links oben nach rechts unten dargestellt werden. Die drei Hauptkomponenten eines Rasterdisplays werden im weiteren genauer betrachtet.

5.1.1 Bildspeicher (Frame Buffer)

Der Bildspeicher enthält die Rasterrepräsentation (Bitmap bzw. Pixmap) des auf dem Bildschirm darzustellenden Bildes. Um Animationen flüssig ausgeben zu können und z.B. bei Röhrenmonitoren ein flimmerfreies Bild zu gewährleisten, muss das Beschreiben und Auslesen des Bildspeichers mit sehr hoher Geschwindigkeit erfolgen. Der dabei auftretende Zugriffskonflikt zwischen Lesen und Schreiben ist das Hauptproblem bei der Bildausgabe auf einem Rasterdisplay.

Bitmaps / Pixmaps:

Die einfachste Organisation eines Bildspeichers wird als Bitmapping bezeichnet. Jedem Bildpunkt des Bildschirms entspricht dabei genau ein Pixel des Bildspeichers. Das Pixel des Bildschirms kann genau ein Bit (monochromes Display) oder auch mehrere Bits (Grauwertdisplay, Farbdisplay) umfassen. Dementsprechend spricht man von **Bitmaps** bzw. **Pixmaps**.

Um die erforderlichen kurzen Lesezeiten mit den verfügbaren dynamischen RAMs (DRAMs) realisieren zu können, muss auf den Bildspeicherinhalt parallel zugegriffen werden (parallele Adressierung), d.h. es werden mehrere Pixel gleichzeitig angesprochen. Da zur Ausgabe die Pixel aber einzeln und in der richtigen zeitlichen Reihenfolge erscheinen müssen, ist noch eine Parallel-Seriell-Konvertierung durch ein Schieberegister erforderlich. Dieses Schieberegister ist in der Regel in den Baustein integriert.

Zugriffskonflikt zwischen Bilderzeugung und Bilddarstellung:

Beschreiben und Auslesen des Bildspeichers stehen in zeitlichem Wettbewerb miteinander. Je leistungsfähiger das Bilderzeugungssystem ist, desto mehr Bilddaten müssen in den Bildspeicher geschrieben werden. Andererseits benötigt die Bilddarstellungskomponente um so mehr Zeit, je höher die Bildschirmauflösung ist. Um diesen Konflikt zu entschärfen, können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- **Wechselspeicher:** der Bildspeicher ist doppelt (oder sogar dreifach) vorhanden. Während der eine Bildspeicher beschrieben wird, wird der andere ausgelesen, und umgekehrt.
- **Dual Ported Video-RAMs (VRAMs):** die Bilderzeugungs- und die Bilddarstellungskomponente erhalten gleichzeitig Zugriff auf den Bildspeicher.

5.1.2 Bildarstellungskomponente

Die wesentlichen Aufgaben der Bildarstellungskomponente sind (siehe Abbildung 5.2):

- Erzeugung der Bildpunkt-Adresse (x- und y-Koordinate), sowie der Signale HSYNC und VSYNC zur horizontalen bzw. vertikalen Synchronisation bei analoger Monitoransteuerung;
- Adressieren und Auslesen des Bildspeichers;
- Parallel-Serien-Wandlung beim parallelen Auslesen mehrerer Pixel aus dem Bildspeicher;
- nur bei Bildern mit einer Look Up Table (LUT): Umsetzung der Pixelwerte in Farbwerte mit Hilfe der VLUT (Video Look Up Table);
- Digital-Analog-Wandlung der Farbwerte bei analog angesteuerten Monitoren;
- Ansteuerung des Monitors.

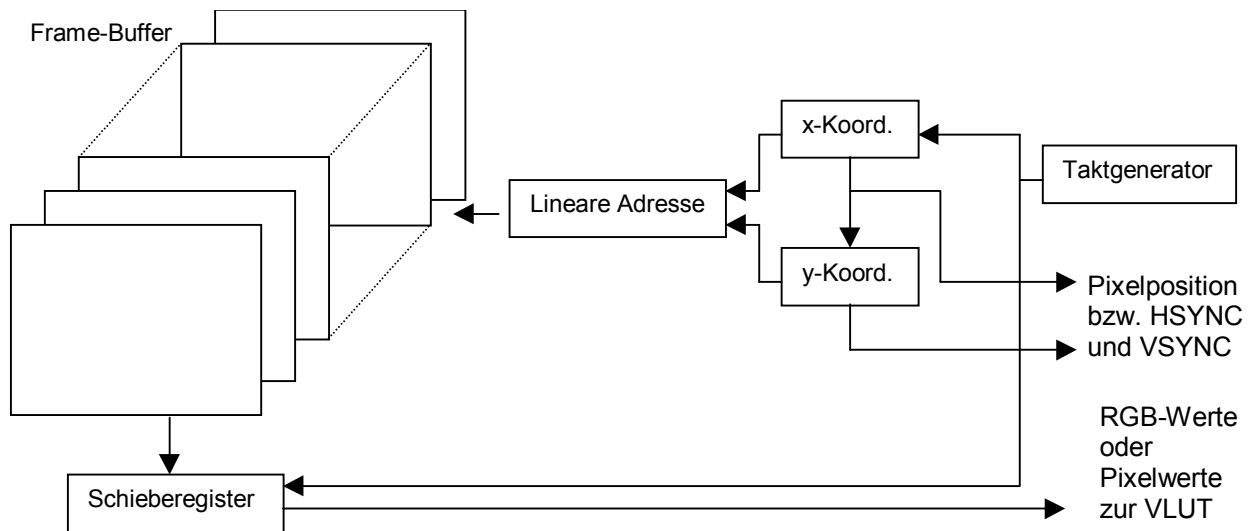


Abb. 5.2: Prinzipbild für die Bildarstellungskomponente

Die Anzahl der für ein Bild gleichzeitig verfügbaren Farben läßt sich prinzipiell auf zwei verschiedene Weisen beeinflussen:

- 1.) Die Anzahl der Frame-Buffer-Ebenen bestimmt, wie viele Bits für die Darstellung des Farbwertes eines Pixels zur Verfügung stehen. Bei 24 Bit pro Pixel können über 16.7 Millionen Farben gleichzeitig dargestellt werden. Man spricht dann von True Color; siehe Kapitel 3.
- 2.) Der Frame-Buffer-Eintrag (Pixelwert) wird nicht als Farbwert, sondern als Index in die Video-Look-Up-Table verwendet; siehe Kapitel 3.2.2. Der dort indizierte Eintrag enthält den RGB-Wert für die Darstellung des betreffenden Pixels auf dem Bildschirm; (siehe Abbildung 5.3).

Abbildung 5.3 zeigt ein Beispiel, in dem der Frame-Buffer eine **Tiefe** von 8 Bit besitzt; das zugehörige Bild kann also 256 verschiedene Pixelwerte (z.B. Grauwerte oder Pseudo-Farbwerte) besitzen. Eine hierzu passende VLUT hat eine **Länge** von 256 Einträgen. (Die Länge der VLUT bestimmt die Anzahl der gleichzeitig (prinzipiell) verfügbaren Farben). Durch die **Breite** (Wortbreite) der VLUT ist die Anzahl der insgesamt darstellbaren Farben festgelegt. Im vorliegenden Fall steht also bei einer Breite von $3 \cdot 8 = 24$ Bit das volle True-Color-Spektrum von 16.7 Millionen Farben zur Verfügung, um daraus 256 verschiedene Farben zur Darstellung des Bildes auszuwählen.

5.1.3 Bilderzeugungskomponente

Die Bilderzeugungskomponente muss die Bilder in gerasterter Form generieren und in den Bildspeicher schreiben.

Diese Aufgabe, die früher von der Host-CPU miterledigt wurde, wird heute von hochspezialisierten Graphik-Prozessoren übernommen. Neben der reinen Vektor-Raster-Konvertierung mit Liniengenerierung und Flächenfüllung umfasst dies z.B. auch Spline-Erzeugung, Blocktransfer und Texture-Mapping.

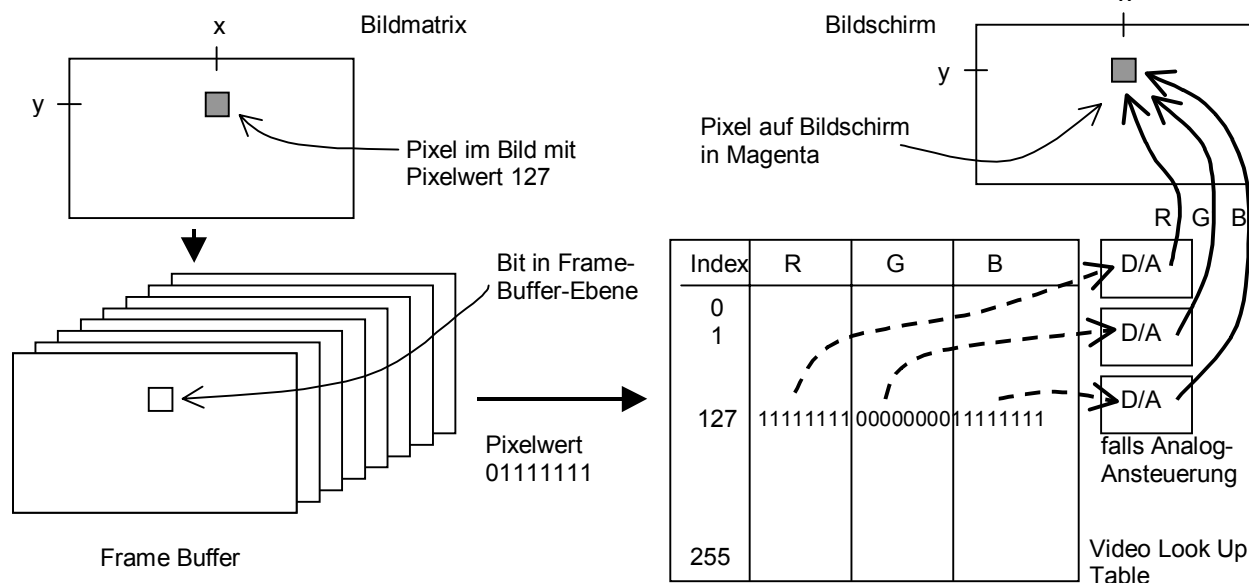


Abb. 5.3: Prinzipbild für die Verwendung einer Video-Look-Up-Table (VLUT)

Zusätzlich zu diesen Graphik-Prozessoren verfügen heutige Graphik-Karten in der Regel auch über schnelle Geometrie-Prozessoren. Diese sind darauf spezialisiert, Berechnungen für **Transform & Lighting (T&L)** durchzuführen, d.h. sie transformieren die Objekte einer Szene bzgl. der Sicht des Betrachters und führen Lichtberechnungen für eine bis mehrere Lichtquellen durch.

Weitere aktuelle Beschleunigungs-Möglichkeiten seitens der Graphik-Karte liegen in der Verwendung von Display-Files und speziellen Shadern.

Bei einem **Display File** handelt es sich um eine Datenstruktur, die in einem speziellen Speicherbereich abgelegt wird. Die Datenstruktur ist so aufgebaut, dass sie besonders effizient verwaltet werden kann. Bei der Verwendung eines segmentierten Display Files können Änderungen an den Daten auf die entsprechenden Datenssegmente beschränkt werden. Beispiele für Operationen, die besonders deutlich von einem Display File profitieren sind: Picking, Panning, Zooming, Scrolling, Mirroring und Dragging.

Bei den Shadern, die (vom Entwicklungs-Programmierer) frei programmierbare Funktionseinheiten darstellen, unterscheidet man zwischen Vertex- und Pixel-Shadern. Ein **Vertex-Shader** stellt eine flexible Erweiterung der T&L-Einheit zur Polygonverarbeitung dar. Im Gegensatz dazu dient ein **Pixel-Shader** der endgültigen Berechnung der Pixelwerte aus Licht, Texturen, Reflektionen und speziellen Filterfunktionen (z.B. Bildglättung).

Die vorhandenen Beschleunigungsmöglichkeiten werden i.d.R. am besten über ein unterstütztes API (Application Programming Interface) wie OpenGL oder DirectX genutzt.

5.1.4 Bildschirm

Die beiden am häufigsten eingesetzten Technologien für Computer-Monitore sind derzeit CRTs (Kathodenstrahl-Bildröhren) und LCDs (Flüssigkristall-Flachbildschirme). Dabei werden die CRTs, mit ihrer auf dem Prinzip des Fernsehbildschirms basierenden Technologie derzeit mehr und mehr von den immer billiger werdenden LCDs verdrängt.

5.1.4.1 Kathodenstrahl-Bildröhren (CRTs)

Bei den **Kathodenstrahl-Bildröhren (CRTs; Cathode Ray Tubes)** wird ein Elektronenstrahl (in der Regel elektromagnetisch) abgelenkt, so dass er die Bildschirmoberfläche zeilenweise abtastet. Diese ist mit Leuchtphosphor beschichtet, der durch den Elektronenstrahl zum Leuchten angeregt wird. Jeder Bildpunkt leuchtet nach seiner Anregung nur kurze Zeit nach, so dass das Bild ständig neu aufgebaut, d.h. regeneriert werden muss (**Refresh**). Folgende Größen sind also physikalisch veränderbar: die horizontale Strahlposition (x-Koordinate), die vertikale Strahlposition (y-Koordinate) und die Intensität des Elektronenstrahls.

Wenn der Bildschirm Zeile für Zeile von links oben nach rechts unten beschrieben wird, so spricht man von einem **Vollbildverfahren (non-interlaced)**. Im Gegensatz hierzu verwenden Fernseher und ältere Computer-Monitore das **Zeilensprungverfahren (interlaced)**, bei dem abwechselnd zwei Halbbilder ausgegeben werden, von denen das eine aus den Bildzeilen mit ungerader und das andere aus den Bildzeilen mit gerader Nummer besteht.

Bei der vorherrschenden Technik für Farbbildschirme werden drei Elektronenstrahlen für die Farben Rot, Grün und Blau verwendet (RGB-Monitore). Die Bildschirmoberfläche ist mit Tripeln eng benachbarter Phosphorpunkte bzw. Streifen für Rot, Grün und Blau beschichtet. Wegen des geringen Abstandes der Punkte bzw. Streifen ergibt sich für den Betrachter die wahrgenommene Farbe durch additive Farbmischung von R, G und B; siehe Kapitel 3.2.2.

Die Phosphorpunkte dürfen nur kurz nachleuchten, damit z.B. auch schnelle Bewegungen „scharf“ dargestellt werden können. Deshalb muss der Bildschirm von den Elektronenstrahlen ständig neu beschrieben werden. Damit der Betrachter dies nicht als Flackern wahrnimmt, sollte die **Bildwiederholffrequenz (refresh rate)** mindestens 75 Hz betragen, d.h. es sollten mindestens 75 Bilder pro Sekunde angezeigt werden.

Da sich die Gesamtzeit für das einmalige Beschreiben eines Bildschirms mit M Spalten und N Zeilen aus der Summe der Zeiten für das Zeichnen von M*N Bildpunkten, (N-1) horizontalen Rückläufen und einem vertikalen Rücklauf zusammensetzt, erreichen billige Monitore bei hohen Bildschirmauflösungen oft nicht die geforderte Bildwiederholffrequenz.

Gute Bildschirme arbeiten mit hoher Auflösung (derzeit z.B. 1600 * 1280 Bildpunkte), Vollbildverfahren, hoher Bildwiederholrate (z.B. 85 Hz) und einer kleinen Punktgröße bzw. einem kleinen (Bild-)Punktabstand (z.B. 0.26 mm). Versuche haben gezeigt, dass die Bildwiederholffrequenz um so höher liegen sollte, je größer der Bildschirm ist

Anmerkung: Bei der technischen Beschreibung eines Monitors wird häufig statt der Bildwiederholffrequenz die Zeilen- bzw. Horizontalfrequenz oder die Videobandbreite aufgeführt. Unter der **Zeilen-** bzw. **Horizontalfrequenz**, die in KHz angegeben wird, versteht man die Anzahl der Bildzeilen, die in einer Sekunde geschrieben werden können. Die in MHz angegebene **Videobandbreite** sagt aus, wie viele Pixel pro Sekunde gezeichnet werden können. Mit Hilfe dieser Angaben muss man selbst überprüfen, ob eine gewünschte Bildschirmauflösung von M*N Bildpunkten mit einer gewünschten Bildwiederholrate von f Hz erreichbar ist. Die tatsächlichen Zeilen- und Spaltenzahlen müssen dabei jeweils noch mit Hilfe eines Faktors um etwa 6 bzw. 25 Prozent erhöht werden, um der Monitorelektronik die Synchronisation und Strahlrückführung zu ermöglichen. Eine gewünschte Einstellung ist also möglich, wenn gilt:

Gewünschte_Zeilenfrequenz (in KHz) = $(1.06 * N) * f < \text{Angegebene_Zeilenfrequenz}$
bzw.

Gewünschter_Pixeltakt (in MHz) = $(1.25 * M) * \text{Gewünschte_Zeilenfrequenz}$
< $(0.5 \text{ bis } 0.66) * \text{Maximale_Videobandbreite}$

Beispiel: Um 1024*768 Bildpunkte mit einer Bildwiederholffrequenz von 85 Hz darstellen zu können, muss die Zeilenfrequenz mindestens 69.2 KHz betragen, bzw. die Videobandbreite sollte mindestens bei 132.9 MHz liegen.

5.1.4.2 Flüssigkristall-Flachbildschirme (LCDs)

Derzeit werden die wegen ihrer Bautiefe sehr voluminösen Röhrenmonitore nach und nach durch **Flüssigkristall-Flachbildschirme (LCDs; Liquid Crystal Displays)** verdrängt. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die anfänglichen Nachteile der LCDs, wie z.B. Blickwinkelabhängigkeit und Kontrastschwäche beispielsweise durch den Einsatz von Aktiv-Matrix-Displays bei gleichzeitig drastisch sinkenden Preisen sukzessive behoben wurden.

Abbildung 5.4 zeigt den prinzipiellen Aufbau von TFT-LCDs. Die Hintergrundbeleuchtung wirkt als große, sehr helle und homogen leuchtende Fläche. Aus diesem Licht wird durch einen ersten Polarisationsfilter Licht einer Schwingungsebene herausgefiltert. Wenn dieses polarisierte Licht später auf einen zweiten, um 90 Grad gedrehten Polarisationsfilter trifft, so kann es diesen nur passieren, wenn die Schwingungsebene des Lichts zwischenzeitlich

gedreht wurde. Diese Drehung erfolgt mit Hilfe der Flüssigkristalle, die zwischen den Polarisationsfiltern angebracht sind, und die durch Anlegen von Spannung ihre Ausrichtung ändern: ohne Spannung "drehen" sie das Licht, so dass es den zweiten Polarisationsfilter passieren kann; andernfalls wird das Licht nicht "gedreht" und die zugehörigen Pixel bleiben dunkel.



Abb. 5.4: Prinzipieller Aufbau eines TFT-LCDs im Querschnitt

Zur Farbwiedergabe besteht jedes Bildschirmpixel aus drei einzelnen "Farbpunkten", die durch Verwendung von Farbfolien in Rot, Grün oder Blau leuchten. Jedem dieser drei Farbpunkte ist ein Flüssigkristall zur Helligkeitssteuerung zugeordnet.

Zur Ausgabe eines Bildes wird der darzustellende Inhalt des Bildspeichers wie beim Röhrenmonitor von links oben nach rechts unten an den Bildschirm übertragen. Die Ansteuerung der einzelnen Pixel geschieht mit Hilfe zeilenweise bzw. spaltenweise angeordneter Leitungen (Zeilen- bzw. Spalten-Elektroden). Um einen Farbpunkt gezielt ein- oder auszuschalten, wird eine schwache Spannung auf die Leitungen der entsprechenden Zeile und Spalte gelegt. Diese baut an dem Kreuzungspunkt der Leitungen, der ja dem zu beeinflussenden Pixel entspricht, ein stärkeres elektrisches Feld auf, mit dem das zugehörige Flüssigkristall ausgerichtet werden kann.

Diese Passiv-Matrix-Technologie wurde durch den Einsatz von Transistoren bei den sogenannten Aktiv-Matrix- oder TFT-Displays deutlich verbessert. An den Kreuzungspunkten der Leitungen sind hier **Dünnschicht-Transistoren (TFTs; Thin Film Transistors)** angebracht, die das Feld um ein Vielfaches verstärken. Da nun im Gegensatz zu den Passiv-Matrix-Displays sehr geringe Steuerspannungen auf den Datenleitungen verwendet werden können, bleiben alle anderen Farbpunkte entlang der geschalteten waagrechten bzw. senkrechten Datenleitung unbeeinflusst, und man erzielt eine hochwertige Ausgabequalität mit klaren, gestochen scharfen und kontrastreichen Bildern. Da die Transistoren als Speicherzelle wirken, lässt die Strahlungsintensität nicht nach und der bei Röhrenmonitoren erforderliche Refresh des Bildinhaltes kann entfallen, um ein flimmerfreies Bild darzustellen.

Weitere Vorteile von LCDs sind, dass sie im Vergleich zu einem entsprechend großen Röhrenmonitor nur etwa ein Drittel der Energie verbrauchen, fast keine Strahlenbelastung aufweisen und absolut verzerrungsfrei und ohne Konvergenzprobleme arbeiten.

Nachteilig bei LCDs sind derzeit noch die für sehr schnelle Bildwechsel zu langen Schaltzeiten für den Helligkeitswechsel der einzelnen Farbpunkte. Während Schaltzeiten von etwa 30 Millisekunden für den Wechsel von Schwarz nach Weiß und zurück für Office-Anwendungen absolut ausreichend sind, können bei schnellen Bewegungen z.B. in Spielen oder Video-Sequenzen störende Unschärfen und "Schlieren" entstehen. Dieser Effekt wird dadurch noch verstärkt, dass die Schaltzeiten deutlich zunehmen, wenn nicht zwischen minimaler und maximaler Helligkeit, sondern zwischen mittleren Helligkeiten gewechselt wird. Es ist jedoch auf Grund des technischen Fortschritts damit zu rechnen, dass die Schaltzeiten in naher Zukunft kein Problem mehr darstellen werden.

Jedes LCD besitzt eine sogenannte physikalische Standard-Auflösung, die durch die Anzahl der Bildschirmpixel festgelegt ist; (z.B. 1600 * 1200 bei UXGA). Wenn die Graphikkarte eine von dieser Standard-Auflösung abweichende Auflösung liefert, so wird diese in der Regel durch Interpolation auf eine Vollbildschirm-Darstellung umgerechnet. Dabei können z.B. Unschärfen entstehen, so dass eine optimale Bildqualität nicht mehr gewährleistet ist.

Da LCDs digitale Signale zur Ansteuerung der Pixel benötigen, ist es besonders günstig, wenn die verwendete Graphikkarte über einen digitalen Signalausgang verfügt. Andernfalls müssen die Signale, die auf der Graphikkarte zur Ansteuerung von Röhrenmonitoren digital-analog gewandelt werden, anschließend wieder rückgewandelt werden, was immer mit einem Qualitätsverlust verbunden ist.

Neuere LCD-Spezialentwicklungen erlauben eine Stereobild-Darstellung zur 3D-Wahrnehmung ohne zusätzliche Hilfsmittel wie Anaglyphen- oder Shutter-Brillen. Durch zusätzlich eingebaute spezielle Filterschichten - sogenannte **Parallax-Barrieren** - wird erreicht, dass das linke bzw. rechte Auge nur die Hälfte aller Pixel sieht: beispielsweise sieht das linke Auge nur die Bildspalten mit gerader und das rechte Auge nur die mit ungeradzahlgiger Spaltennummer. Die entsprechend aufbereiteten Bilder des Stereobildpaares können dann natürlich nur mit halber horizontaler Auflösung dargestellt werden.

5.1.4.2 Weitere Display-Technologien

Neben den **Gasplasma-Displays**, die wegen ihrer enormen Leuchtstärke vor allem für Großbild-Projektionen im Freien eingesetzt werden, sind für Rechner noch **LED-Bildschirme** (Light Emitting Diodes) von Interesse. Die aktive Farbmatrix wird hier je Pixel durch drei farbige LEDs für Rot, Grün und Blau und meist noch ein weißes LED gebildet.

In Entwicklung sind auch sogenannte **OLEDs** (Organic Light Emitting Diodes), die für extrem dünne und flexible Folienbildschirme (z.B. ausrollbare Bildschirme) verwendet werden können.

Nachtrag: Bilder einscannen für die Bildschirmausgabe

Beim Einscannen von Bildern für die Bildschirmausgabe (z.B. für eine Web-Page) richtet sich die Scan-Auflösung nach der gewünschten absoluten Auflösung des Ausgabebildes. Da ein nachträgliches Skalieren des Bildes wegen der Qualitätsverluste möglichst vermieden werden sollte (siehe Kapitel 3.1), empfiehlt es sich, den interessierenden Ausschnitt der Bildvorlage so abzutasten, dass dabei die gewünschte Auflösung möglichst genau erreicht wird. Die optimale Scan-Auflösung ergibt sich zu:

$$\text{Scan_Auflösung (in dpi)} = \frac{\text{Zielbild_Seitenlänge (in Pixel)} * 2.54}{\text{Quellbild_Seitenlänge (in cm)}}$$

Wenn das abgetastete Bild Moiré-Muster aufweist (siehe Kapitel 4.2), so kann man das Bild entweder „glätten“ (siehe Kapitel 6.1), oder aber man tastet das Bild mit der doppelten Scannerauflösung ab und verkleinert es anschließend auf die halbe Größe.

5.2 Ausgabe digitaler Bilder auf einem Drucker

Im Gegensatz zu Plottern, die vektororientiert arbeiten und die hier nicht näher betrachtet werden, sind Drucker rasterorientiert. Die gängigsten Drucker sind heute Tintenstrahl- und Laserdrucker. Bei diesen wird die Vektor-Raster-Konvertierung durch einen integrierten Mikroprozessor durchgeführt. Viele Laserdrucker sind mit Hilfe eines speziellen Prozessors in der Lage, die Seitenbeschreibungssprache PostScript (Adobe) zu interpretieren.

Ein Drucker muss alle an ihn übertragenen Daten speichern, verarbeiten und ausgeben können. Zu diesem Zweck sollte der Druckerspeicher ausreichend groß bemessen sein.

Eine wesentliche Größe zur Kennzeichnung eines Druckers ist seine **relative Auflösung**, die in **dpi** (dots per inch) angegeben wird. Eine Angabe von beispielsweise 600 dpi bedeutet dabei z.B. für einen Schwarz-Weiß-Drucker, dass er auf einen Zoll (2.54 cm) gezielt 600 schwarze Rasterpunkte nebeneinander setzen kann. Diese Auflösung gilt also nur für die Ausgabe binärer Information, wie z.B. schwarzem Text auf weißem Papier oder echten Schwarz-Weiß-Bildern.

Zur Ausgabe von Grauwertbildern können die unterschiedlichen Graustufen durch eine mehr oder weniger dichte Anordnung von schwarzen Rasterpunkten simuliert werden (**Dithering**). Zu diesem Zweck werden m*n Punkte des Druckrasters zu einem **Makropixel** (**Halbtonzelle**) zusammengefasst. Färbt man beispielsweise in einem typischen Makropixel

von 5*5 Pixeln keinen oder alle Punkte ein, so erhält man einen weißen bzw. schwarzen Bildpunkt; wenn man etwa 8 bzw. 16 Punkte einfärbt, so ergibt sich ein helles bzw. dunkles Grau.

Zur Ausgabe von Farbbildern werden in Abhängigkeit von der gewünschten Farbe mehr oder weniger Rasterpunkte eines Makropixels mit den Farben Cyan, Magenta und Gelb (und eventuell Schwarz) des subtraktiven CMY(K)-Farbmodells eingefärbt; siehe Kapitel 3.2.2.

Für die Ausgabe von Grauwert- oder Farbbildern erhält man also in Abhängigkeit von der Größe der Makropixel eine deutlich schlechtere sogenannte **effektive Auflösung**, als die in dpi angegebene relative Auflösung. Die effektive Auflösung wird in **lpi** (lines per inch) angegeben.

Beispiel: Bei einer relativen Auflösung von 300 dpi und einer Makropixelgröße von 5*5 Pixeln erhält man eine effektive Auflösung von 60 lpi.

Nachtrag: Bilder einscannen für die Druckerausgabe

Beim Einscannen von Bildvorlagen für den späteren Druck richtet sich die einzustellende Scan-Auflösung nach der effektiven Auflösung des Druckers (in lpi) und dem Skalierungsfaktor, der sich aus dem Verhältnis zwischen der Quellbild- und der Zielbildgröße ergibt. Aus drucktechnischen Gründen wird empfohlen, noch einen Sicherheitsfaktor zu berücksichtigen, der meist zwischen 1.4 und 2 gewählt wird. Die optimale Scan-Auflösung ergibt sich zu:

$$\text{Scan_Auflösung (in dpi)} = \frac{\text{effek._Druckauflösung (in lpi)} * \text{Zielbild_Größe (in cm)} * \text{Sicherheitsfaktor}}{\text{Quellbild_Größe (in cm)}}$$

Beispiel: Ein Bild mit einer Breite von 6 cm soll eingescannt und mit 55 lpi (Zeitungsdruck) und einer Breite von 12 cm gedruckt werden. Der Sicherheitsfaktor wird mit 1.4 festgesetzt. Die optimale Scan-Auflösung ergibt sich zu $(55 \text{ lpi} * 12 * 1.4) / 6 \approx 160 \text{ dpi}$.

Leider ist bei vielen Druckern die effektive Auflösung nicht angegeben und es ist auch nicht möglich, diese durch die Festlegung der Anzahl zu verwendender Grau- bzw. Farbstufen für das Zielbild zu beeinflussen. Die erreichbaren effektiven Auflösungen liegen in der Regel zwischen 100 und 200 lpi (Sicherheitsfaktor = 2.0): Letztlich helfen hier jedoch nur Probedrucke.

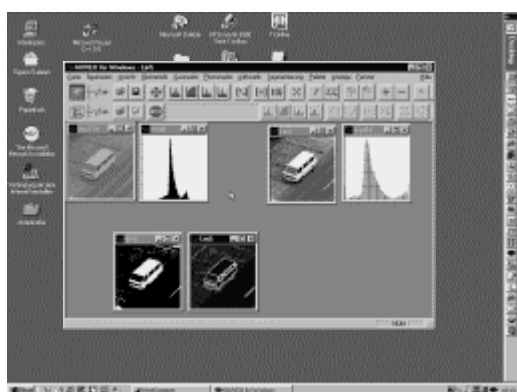
5.3 Manipulation von Bildschirmbereichen

In Rastergraphik-Anwendungen ist es häufig erforderlich, Bilder bzw. Bildteile zeitweise erscheinen und auch wieder verschwinden zu lassen. Dies ist z.B. der Fall, wenn auf einem Desktop zwischen verschiedenen Anwendungen hin- und hergeschaltet wird, deren Benutzeroberflächen sich ganz oder teilweise verdecken, oder wenn Fenster iconisiert und wiederhergestellt werden.

Da die komplette Neugenerierung zuvor verdeckter oder iconisierter Fenster zuviel Zeit in Anspruch nehmen würde, werden nicht benötigte Teile des Bildschirmspeichers in RAM-Bereiche ausgelagert und bei Bedarf von dort wieder in den Bildspeicher kopiert. Diese Pufferung wird in der Regel von der Rastergraphik-Hardware unterstützt.

Bildschirm = Screen-Canvas

Off-Screen-Canvases



Gesicherter abgedeckter
Bildschirmbereich



Iconisiertes
Fenster

Abb. 5.5: Beispiel für eine Screen- und mehrere Off-Screen-Canvases.