1. Konventionelle Ein-/Ausgabebetonte Programmierung

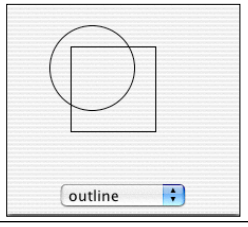
1.1 Realisierung grafischer Benutzungsoberflächen
- Beispiel Java AWT und Swing

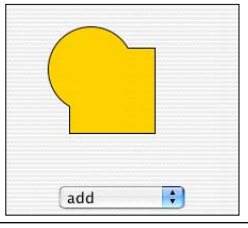
1.2 Grundlagen der 2D-Computergrafik
- Grundbegriffe der Computergrafik
- Einführung in das Java 2D Grafik-API

  Konstruktive Geometrie
  Füllen von Formen
  Interaktion (Swing) in Kombination mit 2D-Grafik
  Affine Transformationen
  Compositing

Formen kombinieren (Constructive Area Geometry)

- Ein *Gebiet (area)* der Zeichenfläche kann aus Formen und anderen Gebieten berechnet werden.
- Die wichtigsten Operationen auf Gebieten (gemäss Java 2D):
  - Klasse **`java.awt.geom.Area (implements Shape)`**
  - Konstruktor **`Area(Shape s)`**
  - Hinzufügen (Vereinigung): **`void add(Area rhs)`**
  - Wegnehmen (Different): **`void subtract(Area rhs)`**
  - Schneiden: **`void intersect(Area rhs)`**
  - Exklusives Oder: **`void exclusiveOr(Area rhs)`**





Ausfüllen von Formen

- Prinzipielle Varianten für die Füllung einer Form (**`paint`**):
  - Massive Farben *(solid colors)*
  - Verläufe *(gradient paints)*
    - » Aus Punkt- und Farb-Parametern berechnet
  - Texturen *(textures)*
    - » Auf der Basis eines gegebenen Bildes
  - Selbstdefinierte Füllungen (**`Paint`**-Interface implementieren)
- Die aktuelle Füllungsregel ist Bestandteil des internen Zustands eines **`Graphics2D`**-Objektes
  - Setzen mit **`setPaint(Paint p)`**
  - **`Paint`** ist formal eine Schnittstelle, die z.B. von **`Color`** implementiert wird

Farbverläufe

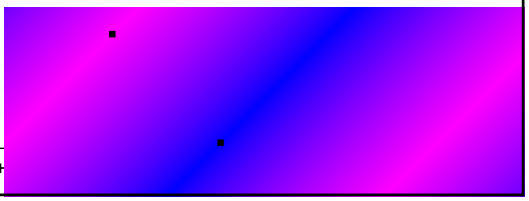
- Ein Farbverlauf *(gradient paint)* wird festgelegt durch
  - Eine Linie, gegeben durch Startpunkt und Endpunkt
    - » definiert Richtungsvektor des Verlaufs sowie Punkte festgelegter Farbwerte
  - Zwei Farbwerte für Start- und Endpunkt
  - Information, ob der Verlauf *zyklisch* oder *azyklisch* ist
    - » Zyklischer Verlauf wiederholt sich im Bereich ausserhalb der Linie
    - » Azyklischer Verlauf erhält Randfarben im Bereich ausserhalb der Linie
- Java2D:

```
public GradientPaint
  (float x1, float y1, Color color1,
   float x2, float y2, Color color2,
   boolean cyclic)
```

  - Alternative Varianten, z.B. mit **`Point2D`**-Objekten anstelle der Koordinaten
  - **`GradientPaint`** implementiert die **`Paint`**-Schnittstelle
  - Standardtyp von Farbverläufen ist azyklisch

Beispiel: Zyklischer Verlauf

```
private void drawPoint(Graphics2D g2, Point2D p) {
    double ptsize = 3.0;
    double x = p.getX();
    double y = p.getY();
    g2.setPaint(Color.black);
    g2.fill(
      new Rectangle2D.Double(
        x-ptsize, y-ptsize, 2*ptsize, 2*ptsize));
}
public void paint(Graphics g) {
   Graphics2D g2 = (Graphics2D)g;

   Point2D p1 = new Point2D.Double(100, 50);
   Point2D p2 = new Point2D.Double(200, 150);

   g2.setPaint(new GradientPaint
     (p1, Color.magenta, p2, Color.blue, true));
   g2.fill(new Rectangle2D.Double(0, 0, 500, 200));
   drawPoint(g2, p1);
   drawPoint(g2, p2);
  }
}
```



Texturen

- Eine *Textur* wird festgelegt durch
  - ein Rasterbild **`(BufferedImage)`**
  - eine Kachelgröße *(anchor rectangle)* **`(Rectangle2D)`**
- Die Füllung entsteht in folgenden Schritten:
  - Rasterbild wird auf Kachelgröße skaliert
  - Zu füllende Fläche wird mit Kacheln aufgefüllt
  - Jede Kachel enthält das gleiche Bild (aus dem Rasterbild)
- Java2D:

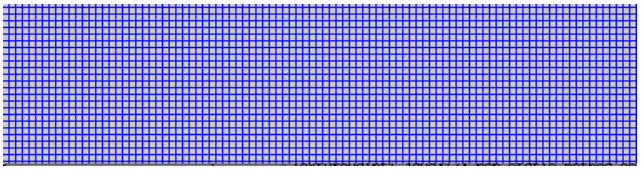
```
public TexturePaint
  (BufferedImage txtr, Rectangle2D anchor)
```

  - **`TexturePaint`** implementiert die **`Paint`**-Schnittstelle

Programmtechnische Erzeugung von Texturen

- Ein Rasterbild kann auch durch Programmierung erzeugt werden
- Java2D:
  - **`Graphics2D createGraphics()`** aus der Klasse **`BufferedImage`** erzeugt ein beschreibbares Grafikobjekt für ein (normalerweise vorher leeres) Rasterbild

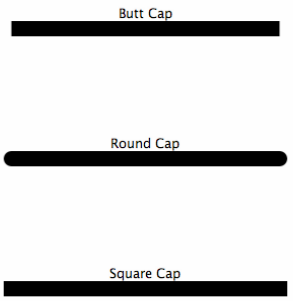
```
BufferedImage bi =
  new BufferedImage(5, 5, BufferedImage.TYPE_INT_RGB);
Graphics2D big = bi.createGraphics();
big.setColor(Color.blue);
big.fill(new Rectangle2D.Double(0, 0, 5, 5));
big.setColor(Color.lightGray);
big.fill(new Ellipse2D.Double(1, 1, 3, 3));
```



Linieneigenschaften

- Linien werden verwendet:
  - als eigenständige Elemente
  - um die Konturen von Formen zu zeichnen (mit **`draw()`**)
- Eine Linie stellt selbst wieder eine Form dar.
- Eigenschaften von Linien
  - Linienstärke
  - Füllung (durch **`setPaint()`** bestimmt)
  - Strichelung
  - Endstil
  - Verbindungsstil
- Strichelung *(dash)*:
  - *dash array*: Feld von Gleitkommazahlen für die Länge der Strichteile
    - » Gerade Position: sichtbar
    - » Ungerade Position: unsichtbar
  - *dash phase*: Versetzung des Beginns der Strichelung

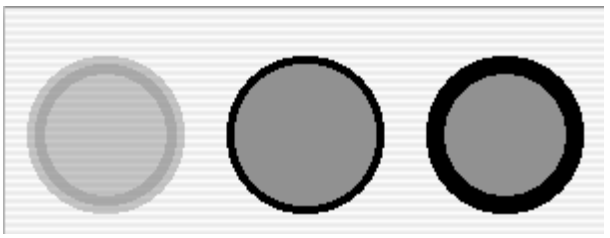
Linienenden, Verbindungen



- Von Java2D unterstützte Stile für Linienenden *(line caps)*:
  - *BUTT*
  - *ROUND*
  - *SQUARE*
- Von Java2D unterstützte Stile für Linienverbindungen *(line joins)*:
  - *BEVEL* (Schrägschnitt)
  - *MITER* (Gehrung)
  - *ROUND*

Kontur und Füllung

- Die Linie der Kontur überlappt mit der Füllung der Figur.
- Werden verschiedene Füllungen bei **`draw()`** und **`fill()`** verwendet, dann hängt das Ergebnis von der Reihenfolge der beiden Schritte ab.



Kombination von Swing und Java2D

- Zeichenfläche innerhalb eines Swing-basierten Fensters (**`JFrame`**):
  - **`JPanel`**-Teilkomponente
- Zeichenvorgang im **`JPanel`**:
  - Überdefinieren von **`paintComponent()`**
    - » Schützt andere Bestandteile der Komponente
    - » **`paint()`** auf Swing-Komponenten ruft **`paintComponent()`** auf sowie weitere Methoden zum Zeichen des Rahmens und von Unterkomponenten
  - Tip Nr. 1: Die Grösse des Panels wird von Layoutmanagern mittels **`getPreferredSize()`** abgefragt, deshalb unbedingt diese Methode überdefinieren (**`setSize()`** ist wirkungslos!)
  - Tip Nr. 2: Bei Look-and-feel-abhängigen Komponenten wie **`JPanel`** sollte man beim Neuzeichnen zuerst **`super.paintComponent()`** aufrufen. Nur dann wird auf dem richtigen Hintergrund gezeichnet.
- Beispiel:
  - Programm zur Änderung der Farbe mittels Standard-Farbwahldialog

Beispiel: Farbwahldialog (1)

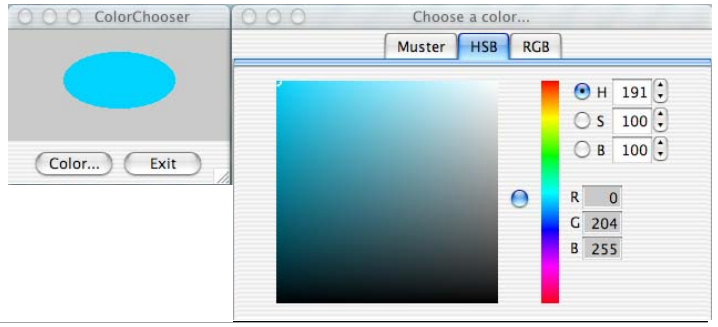
```
class ColorChooserFrame extends JFrame {

    Color c  = Color.red;
    DrawPanel drawPanel = new DrawPanel();

    class DrawPanel extends JPanel {

      public DrawPanel() {
        setBackground(Color.lightGray);
      }

      public Dimension getPreferredSize() {
        return new Dimension(200, 100);
      }

      public void paintComponent(Graphics g) {
        super.paintComponent(g);
        Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
        g2.setPaint(c);
        g2.fill(new Ellipse2D.Double(50, 20, 100, 50));
      }
    }

   ...
```

Beispiel: Farbwahldialog (2)

```
...
public ColorChooserFrame() {
    setTitle("ColorChooser Demo");
    getContentPane().add(drawPanel,BorderLayout.NORTH);
    JPanel buttonPanel = new JPanel();
    getContentPane().add(buttonPanel,BorderLayout.SOUTH);

    JButton chooseButton = new JButton("Color...");
    chooseButton.addActionListener(new ActionListener(){
      public void actionPerformed (ActionEvent event) {
          Color cnew = JColorChooser.showDialog
            (drawPanel, "Choose a color...", c);
          if (cnew != null) {
            c = cnew;
            drawPanel.repaint();
          }
      }
    });
    buttonPanel.add(chooseButton);

    JButton exitButton = new JButton("Exit");
    exitButton.addActionListener(new ActionListener(){
      public void actionPerformed (ActionEvent event) {
          System.exit(0);
      }
    });
    buttonPanel.add(exitButton);                    ...
```


Beispiel: Farbwahldialog (3)

```
...     addWindowListener(new WindowAdapter(){
          public void windowClosing(WindowEvent we) {
             System.exit(0);
          }
        });
        pack();
        setVisible(true);
    }
}

class ColorChooser {
  public static void main (String[] argv) {
    ColorChooserFrame cf = new ColorChooserFrame();
  }
}
```



Affine Transformationen

- Eine *affine Transformation* ist eine Abbildung eines Koordinatenraums in einen Koordinatenraum, bei der Parallele erhalten bleiben.
- Mathematisch gesehen, ist eine affine Transformation eine lineare Transformation, d.h. Matrixmultiplikation (und Addition eines Vektors):

$x' = a\,x + c\,y + t_x$
$y' = b\,x + d\,y + t_y$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & c & t_x \\ b & d & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

  - Affine Transformationen können zu komplexeren affinen Transformationen verkettet werden.

- Java 2D:
  - Jedes **`Graphics2D`**-Objekt erfährt beim Rendering eine affine Transformation aus den Benutzer- in die Gerätekoordinaten.
  - Die Standard-Transformation des **`Graphics2D`**-Objekts kann per Programm modifiziert werden (Methode **`transform()`**).
  - Man kann temporär (ohne die Standard-Transformation zu verändern) eine Transformation beim Anzeigen eines Bildes (**`Image`**) anwenden.

Verschiebung *(translation)*

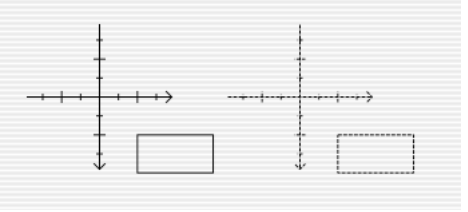
- Eine *Verschiebung (translation)* bewegt den Ursprungspunkt des Koordinatensystems an eine neue Stelle.
  Alle Grafikelemente werden entsprechend der neuen Lage angezeigt.
- Java 2D:

```
public static AffineTransform
  getTranslateInstance(double tx, double ty)
```

  In **`AffineTransform: translate(double tx, double ty)`**
- Beispiel:
  - Anzeige vor der Transformation und (gestrichelt) nach der Transformation

```
AffineTransform at = AffineTransform.getTranslateInstance(150, 0);
g2.transform(at);
```

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & tx \\ 0 & 1 & ty \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$



Drehung *(rotation)*

- Eine *Drehung (rotation)* dreht alle Punkte des Zeichenbereichs um den Ursprung entsprechend einem gegebenen Winkel.
  - Der Drehwinkel wird im Bogenmass *(radian)* angegeben.
- Java 2D:

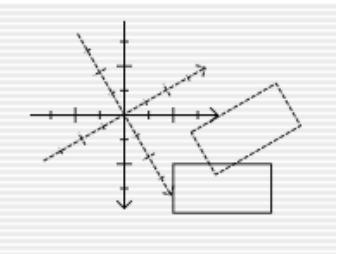
```
public static AffineTransform
  getRotateInstance(double theta)
```

  In `AffineTransform: rotate(double theta)`

- Beispiel:

```
AffineTransform at = AffineTransform.getRotateInstance(-Math.PI/6);
g2.transform(at);
```

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\vartheta) & -\sin(\vartheta) & 0 \\ \sin(\vartheta) & \cos(\vartheta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$



Skalierung *(scaling)*

- Eine *Skalierung (scaling)* bewirkt eine maßstäbliche Vergrösserung oder Verkleinerung der Darstellung.
- Skalierung verändet die Lage aller Punkte ausser dem Ursprung des Koordinatensystems.
- Auch Linienstärken werden mitskaliert.
- Java 2D:

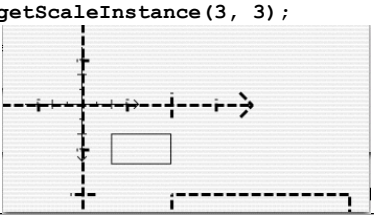
```
public static AffineTransform
  getScaleInstance(double sx, double sy)
```

  In `AffineTransform: scale(double sx, double sy)`

- Beispiel:

```
AffineTransform at = AffineTransform.getScaleInstance(3, 3);
g2.transform(at);
```

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} sx & 0 & 0 \\ 0 & sy & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

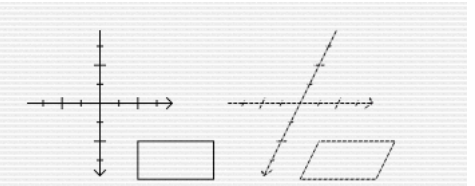


Verzerrung *(shearing)*

- Eine *Verzerrung oder Scherung (shearing)* dehnt oder staucht den Koordinatenraum entlang einer bestimmten Richtung.
- Java 2D:
  ```
  public static AffineTransform
    getShearInstance(double shx, double shy)
  ```
  In `AffineTransform: shear(double shx, double shy)`
- Beispiel:
  - Anzeige vor der Transformation und (gestrichelt) nach der Transformation

```
AffineTransform at = AffineTransform.getTranslateInstance(150, 0);
at.shear(-0.5, 0);
g2.transform(at);
```

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & shx & 0 \\ shy & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$



(Hier mit zusätzlicher Translation gezeigt)

Zusammensetzung von Bildern *(Compositing)*

- Unter *Compositing* versteht man die Zusammensetzung (Überlagerung) von mehreren Bildern zu einem Gesamtbild
- Beim Zeichnen grafischer Objekte:
  - Wie wirkt sich ein evtl. vorhandener Hintergrund aus?
  - Wenn zwei Objekte überlappen, was wird angezeigt?
    - » Das zuletzt gezeichnete?
    - » Eine Mischung der beiden Objekte?
- Wichtige Unterscheidung:
  - Undurchsichtige *(opaque)* Grafikelemente
  - Durchsichtige *(transparent)* Grafikelemente
    - » Verwendung eines *Alpha-Kanals* (nicht auf allen Ausgabemedien unterstützt)

Porter-Duff Regeln (1)

- Java 2D orientiert sich an:
  - T. Porter and T. Duff, "Compositing Digital Images", SIGGRAPH 84, S. 253-259.
- Definition der Pixel im überlappenden Bereich (Zitat Java SDK-Doc):
  - Cs = one of the color components of the source pixel.
  - Cd = one of the color components of the destination pixel.
  - As = alpha component of the source pixel.
  - Ad = alpha component of the destination pixel.
  - Fs = fraction of the source pixel that contributes to the output.
  - Fd = fraction of the input destination pixel that contributes to the output.

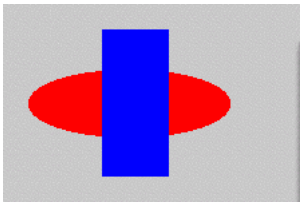
Cd' = Cs*Fs + Cd*Fd Ad' = As*Fs + Ad*Fd

where Fs and Fd are specified by each rule. The above equations assume that both source and destination pixels have the color components premultiplied by the alpha component. Similarly, the equations expressed in the definitions of compositing rules below assume premultiplied alpha.

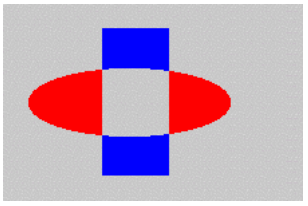
Porter-Duff-Regeln (2)

Regelname	Fs	Fd	Color-Effekt (Cd')	Alpha-Effekt (Ad')
Source (Src)	1	0	Cs	As
Destination (Dst)	0	1	Cd	Ad
Src-Over-Dst	1	1–As	Cs + Cd•(1–As)	As + Ad•(1–As)
Dst-Over-Src	1–Ad	1	Cs•(1–Ad) + Cd	As•(1–Ad) + Ad
Src-In-Dst	Ad	0	Cs•Ad	As•Ad
Dst-In-Src	0	As	Cs•As	Ad•As
Src-Out-Dst	1–Ad	0	Cs•(1–Ad)	As•(1–Ad)
Dst-Out-Src	0	1–As	Cd•(1–As)	Ad•(1–As)
Src-Atop-Dst	Ad	1–As	Cs•Ad+ Cd•(1–As)	Ad
Dst-Atop-Src	1–Ad	As	Cs•(1–Ad)+ Cd•As	As
Clear	0	0	0	0
Xor	1–Ad	1–As	Cs•(1–Ad)+ Cd•(1–As)	As•(1–Ad)+ Ad•(1–As)

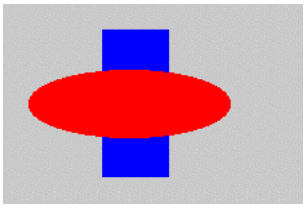
Beispiele: Compositing bei opaken Objekten



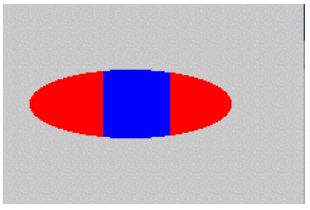
Src
Src-Over



Src-Out
Xor

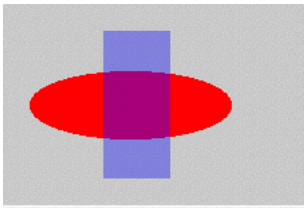


Dst
Dst-Over
Dst-Atop

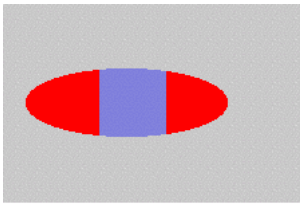


Src-In
Src-Atop

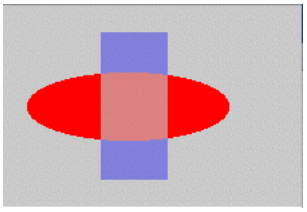
Beispiele: Alpha-Compositing



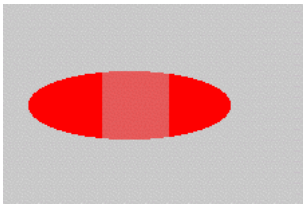
Src-Over



Src-In



Dst-Atop



Dst-Out

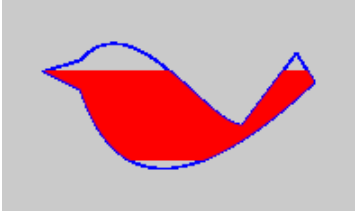
Clipping

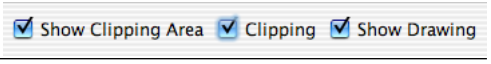
- *Beschneiden (clipping)* beschränkt die Darstellung des erzeugten Bildes auf einen Teilbereich der Zeichenfläche.
  - Clipping ist in allen Grafik-Bibliotheken implementiert, da für die Darstellung in Fenstern dringend benötigt.
  - Einfache Bibliotheken unterstützen nur Clipping mit einfachen Formen, z.B. Rechtecken; in Java2D: Beliebige Form (GeneralPath)
- Java2D:
  - *Current clipping shape* ist Bestandteil des Zustands jedes **`Graphics2D`**-Objektes
  - Methoden zum Verändern der *clipping shape:*

```
public void clip(Shape s)
  // Durchschnitt mit vorhandener clipping shape
public Shape getClip()
public void setClip(Shape s)
  // Definiert clipping shape neu
```


Beispiel: Clipping

```
private JCheckBox optShowCA =
  new JCheckBox("Show Clipping Area", false);
private JCheckBox optClip = new JCheckBox("Clipping", false);
private JCheckBox optDraw = new JCheckBox("Show Drawing", true);
class DrawPanel extends JPanel {
  ...
  public void paintComponent(Graphics g) {
    super.paintComponent(g);
    Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
    Rectangle2D r = new Rectangle2D.Double(20, 50, 180, 50);
    GeneralPath p = new GeneralPath();
    ...
    if (optShowCA.isSelected()) {
      g2.setPaint(Color.blue);
      g2.draw(p);
    };
    if (optClip.isSelected()) {
      g2.clip(p);
    };
    if (optDraw.isSelected()) {
      g2.setPaint(Color.red);
      g2.fill(r);
    };
  }
}
```





Rendering Hints

- *Rendering Hints:* Globale Einstellungen, die das Verhalten der Rendering Engine bestimmen, z.B.:
  - Antialiasing
  - Text-Antialiasing
  - Dithering
  - Color Rendering
  - ...
- Der Programmierer kann festlegen, welche Einstellung er bevorzugt, die letztliche Auswahl bleibt dem Laufzeitsystem überlassen.
- Beispiel:

```
g2.setRenderingHint(
  RenderingHints.KEY_DITHERING,
  RenderingHints.VALUE_DITHER_DISABLE);
```


Text in Java2D

- Option 1:
  - Swing-Komponenten (JTextField, JTextArea, JEditorPane)
  - Fertige Bausteine z.B. für Benutzungsoberflächen
- Option 2:
  - Methode **`drawString()`** unter automatischer Berücksichtigung des Font-Attributs im **`Graphics2D`**-Objekt (Klasse **`java.awt.Font`**)
  - Interne Konversion in Glyphen **`(Shape)`** in der Rendering-Pipeline
  - Verwendung aller Spezialeffekte für Formen in Java2D,
    - » z.B. Füllungen (incl. Gradient, Textur)
    - » z.B. Affine Transformationen (incl. Drehung, Verzerrung)
- Option 3:
  - Detailliertes Layout mit **`java.awt.font.TextLayout`**
  - Sehr spezielle Features wie bidirektionaler Text, genaue Metriksteuerung, kontrollierte Zeichenselektion beim Klicken
- Option 4:
  - Direkte Manipulation von Glyphen als Java2D-**`Shape`**s

Druckaufbereitung

- Grafik wird oft auf Druckern ausgegeben
- Spezielle Aufbereitung:
  - Andere Skalierung (Einhaltung von Papierformaten)
  - Rahmen, Kopfzeilen, Fusszeilen, Paginierung
- Die Schnittstelle **`java.awt.print.Printable:`**
  - Einzige Methode:

```
public int print (Graphics  graphics,
  PageFormat  pageFormat, int pageIndex)
  throws PrinterException
```

- Erzeugen eines Druckauftrags
  - **`java.awt.print.PrinterJob`**
  - Neue Instanz **`pj`** von **`PrinterJob`** erzeugen
  - Übergabe des Druckinhalts: **`pj.setPrintable`*`(Printable)`***
  - Druckdialog anzeigen: **`pj.printDialog()`**
  - Falls Dialog erfolgreich: **`pj.print()`**

Beispiel: Druckausgabe von Text

```
import java.awt.*;
import java.awt.print.*;

public class HelloNurse {
  public static void main(String[] args) {
    PrinterJob pj = PrinterJob.getPrinterJob();
    pj.setPrintable(new HelloNursePrintable());
    if (pj.printDialog()) {
      try { pj.print(); }
      catch (PrinterException e) {
        System.out.println(e);
      }
    }
  }
}

class HelloNursePrintable
    implements Printable {
  public int print(Graphics g, PageFormat pf, int pageIndex) {
    if (pageIndex != 0) return NO_SUCH_PAGE;
    Graphics2D g2 = (Graphics2D)g;
    g2.setFont(new Font("Serif", Font.PLAIN, 36));
    g2.setPaint(Color.black);
    g2.drawString("Hello, nurse!", 144, 144);
    return PAGE_EXISTS;
  }
}
```

aus Knudsen, Kapitel 13