



Werkzeuge der Informatik

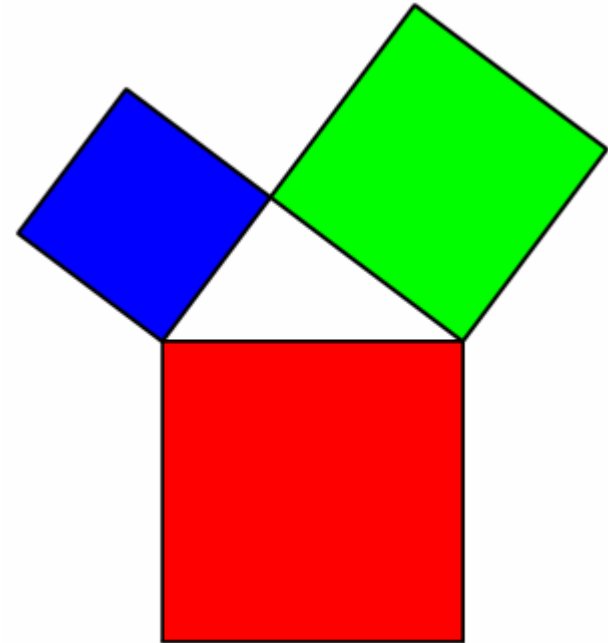
Einführung in PostScript®

Prof. Dr. Kai Hormann

Institut für Informatik

TU Clausthal

16.01.2009





Vorlesung

■ Termine

- Fr, 16.01.2009, 13–15 Uhr, Hörsaal A, Institut für Mathematik
- Fr, 23.01.2009, 13–15 Uhr, Hörsaal A, Institut für Mathematik

■ Webseite

- Folien, Übungsblätter, zusätzliches Material
- <http://zach.in.tu-clausthal.de/teaching/werkzeuge/index.html>



Übungen



■ Betreuer

- Dipl.-Inf. Tim Winkler

■ Termine

- Mi/Do, 21./22.01., 17–19 Uhr, Raum 302, Institut für Informatik
- Mi/Do, 28./29.01., 17–19 Uhr, Raum 302, Institut für Informatik

■ Scheinkriterium

- 50% der möglichen Punkte

■ Klausur

- Ort, Zeit und Raum werden noch bekannt gegeben



Literatur

■ Bücher

- Adobe Systems Inc.: *Postscript® Handbuch*, 2. Auflage, Addison-Wesley, 1989
- Adobe Systems Inc.: *Postscript® Language Reference*, 3. Auflage, Addison-Wesley, 1999
- Bill Casselman: *Mathematical Illustrations*, Cambridge University Press, 2004

■ Online Ressourcen

- de.wikipedia.org/wiki/Postscript
- www.adobe.com/products/postscript/pdfs/PLRM.pdf
- www.math.ubc.ca/people/faculty/cass/graphics/text/www/



Übersicht

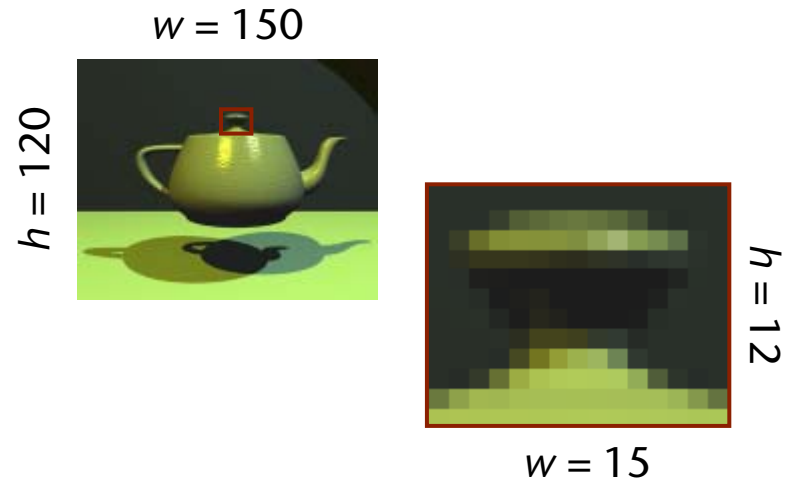
- Vektor- vs. Pixelgrafik
- Historischer Überblick
- PostScript-Syntax
- Grafik-Befehle
- Transformationen
- Zusammenfassung



Vektor- vs. Pixelgrafik

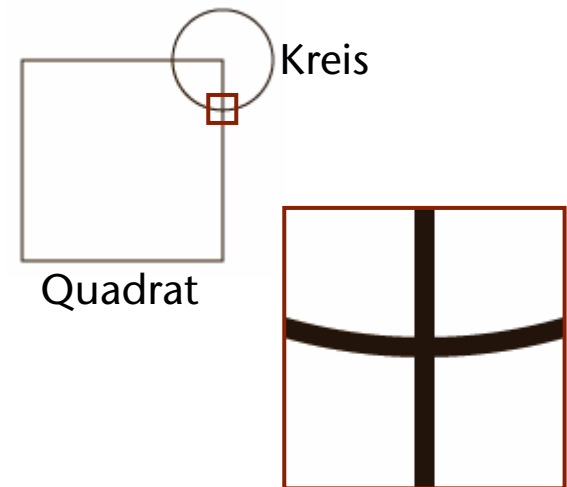
■ Pixelgrafik oder Bitmap

- Matrix von $w \times h$ Bildpunkten
- ein Farbwert pro Bildpunkt
- abhängig von der Auflösung



■ Vektorgrafik

- Beschreibung durch grafische Primitive (z.B. Punkt, Linie, Kreis, Polygon, etc.)
- unabhängig von der Auflösung
- Umwandlung in Pixel bei Bedarf





PostScript®

- Programmiersprache zur Beschreibung von Vektorgrafik
 - geräte- und auflösungsunabhängig
 - Interpreter wandelt Vektorgrafik in Pixelgrafik um
- unterstützte Elemente
 - gerade Linien, Kreisbögen, kubische Kurven
 - ausgefüllte Formen, z.B. Kreise, geschlossene Polygone
 - lineare Transformationen, z.B. Translation, Rotation, Skalierung
 - Text
 - Pixelgrafiken
- Programm = Beschreibung einer Vektorgrafik

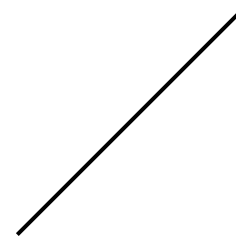


PostScript®

■ Beispiele

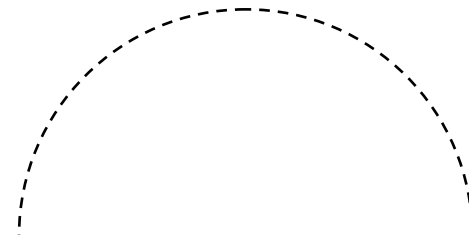
■ Beschreibung einer Linie

```
100 100 moveto  
200 200 lineto  
stroke
```



■ gestrichelter Halbkreis

```
[5] 0 setdash  
200 200 100 0 180 arc  
stroke
```





Historischer Überblick

- 1976 – *John Warnock* von der *Evans & Sutherland Computer Corporation* entwickelt *Design Systems*, eine Sprache für CAD-Anwendungen
- 1978 – *John Warnock* und *Martin Newell* am *Xerox Palo Alto Research Center* entwickeln *Design Systems* weiter zu *JaM*, zum Entwurf von VLSI-Schaltungen und für Satz, Druck und Grafik
- 1982 – *John Warnock* und *Chuck Geschke* gründen *Adobe Systems Inc.* und entwickeln *PostScript*, eine Sprache zur Beschreibung von 2D-Vektorgrafik



Historischer Überblick

- 1984 – *PostScript Level 1* kommt auf den Markt
- 1985 – *Apple LaserWriter* erscheint als erster Drucker mit einem *PostScript* Interface
- 1991 – *PostScript Level 2* unterstützt komprimierte Bildformate (JPEG) und ist schneller und zuverlässiger
- 1993 – Teile von *PostScript* werden für das *Portable Document Format 1.0* (PDF) verwendet
- 1997 – *PostScript 3* mit erweitertem Farbmanagement



Getting started...

- PostScript-Programme erstellen
 - per Hand mit einem Text-Editor, z.B. `WinEdt` oder `emacs`
 - mit einem selbstgeschriebenen Programm, z.B. in `C`
 - Ausgabe eines Anwendungsprogramms
 - speichern in einer Datei, z.B. `grafik.ps`
- PostScript-Programme ausführen
 - erfordert Interpreter und Ausgabegerät
z.B. `GSview` und Bildschirm oder PostScript-Drucker
 - wandelt Grafikbefehle auflösungsabhängig in Pixel um
(Ausnahme: Plotter)



Aufbau eines PostScript-Programms

■ allgemeine Struktur

■ Header

- allgemeine Angaben und Kommentare
z.B. Format, Autor, Titel, Datum, etc.

■ Prolog

- Definition eigener Befehle

■ Skript

- Zeichenbefehle

■ Trailer

- abschließende Angaben und Kommentare

```
%!PS-Adobe-1.0
%%Creator: Kai Hormann
%%Title: Beispiel
%%CreationDate: 01/16/2009
%%BoundingBox: 0 0 595 842
%%EndComments
```

```
% eigene Definitionen
%%EndProlog
```

```
100 100 moveto
200 200 lineto
stroke
```

```
%%Pages: 1
%%EOF
```

■ Speichern als einfache Text-Datei im ASCII-Format



Kommentare

- allgemeine Kommentare
 - alles zwischen % und Zeilenende
 - beliebiger Text
 - wird komplett ignoriert
- spezielle Kommentare
 - beginnen mit %% oder %!
 - danach ein Schlüsselwort
 - optional ein : und durch Leerzeichen getrennte Parameter
 - werden nicht von allen Interpretern berücksichtigt

```
%!PS-Adobe-1.0
%%Creator: Kai Hormann
%%Title: Beispiel
%%CreationDate: 01/16/2009
%%BoundingBox: 0 0 595 842
%%EndComments
```

```
% eigene Definitionen
%%EndProlog
```

```
100 100 moveto
200 200 lineto
stroke
```

```
%%Pages: 1
%%EOF
```



Header

- erste Zeile

- gibt PostScript-Version an
hier: PostScript Level 1
- beginnt immer mit %!

- Dokument-Informationen

- Autor, Titel, Datum

- Zeichenbereich

- Schlüsselwort `BoundingBox`
- Parameter `x y w h` – linke untere Ecke, Breite, Höhe
- Angaben in pt – 1 pt = 1/72 in – 1 in = 2.54 cm

```
%!PS-Adobe-1.0
%%Creator: Kai Hormann
%%Title: Beispiel
%%CreationDate: 01/16/2009
%%BoundingBox: 0 0 595 842
%%EndComments
```

```
% eigene Definitionen
%%EndProlog
```

```
100 100 moveto
200 200 lineto
stroke
```

```
%%Pages: 1
%%EOF
```



Prolog und Trailer

- Definition eigener Befehle
 - Abkürzungen
 - Makros
 - Unterprogramme
- Angabe der Seitenzahlen
 - PostScript erlaubt die Definition mehrerer Seiten
 - wir beschränken uns auf 1 Seite
- Kennzeichnung des Programmendes

```
%!PS-Adobe-1.0  
%%Creator: Kai Hormann  
%%Title: Beispiel  
%%CreationDate: 01/16/2009  
%%BoundingBox: 0 0 595 842  
%%EndComments
```

```
/mt /moveto load def  
%%EndProlog
```

```
100 100 mt  
200 200 lineto  
stroke
```

```
%%Pages: 1  
%%EOF
```



Skript

- Sequenz von Objekten

- Daten-Objekte

- z.B. Zahlen, Boolean-Werte, Strings, Arrays, etc.

- Programm-Objekte

- z.B. Operatoren, Befehle, Namen, Prozeduren, etc.

- getrennt durch Leerzeichen, Tab oder Zeilenende

- Interpreter liest Objekte sequentiell und führt sie aus

- Ausführung hängt vom Objekttyp ab

```
%!PS-Adobe-1.0
%%Creator: Kai Hormann
%%Title: Beispiel
%%CreationDate: 01/16/2009
%%BoundingBox: 0 0 595 842
%%EndComments
```

```
% eigene Definitionen
%%EndProlog
```

```
100 100 moveto
200 200 lineto
stroke
```

```
%%Pages: 1
%%EOF
```




Skript

- Beispiel `100 100 moveto`
- `100` und `100` sind Zahlen
 - Bei der Ausführung werden sie auf den Operanden-Stack geschoben
- `moveto` ist ein Operator
 - Bei der Ausführung werden die zwei obersten Elemente des Operanden-Stacks geholt, als Koordinaten interpretiert und der Zeichenstift dorthin gesetzt
- PostScript benutzt also die Postfixnotation

```
%!PS-Adobe-1.0
%%Creator: Kai Hormann
%%Title: Beispiel
%%CreationDate: 01/16/2009
%%BoundingBox: 0 0 595 842
%%EndComments
```

```
% eigene Definitionen
%%EndProlog
```

```
100 100 moveto
200 200 lineto
stroke
```

```
%%Pages: 1
%%EOF
```



Syntax

■ Zeichensatz

- erlaubt sind alle ASCII-Zeichen
- Leerzeichen, Tab und Return werden gleich behandelt
- (,) , < , > , [,] , { , } , / , % sind Sonderzeichen

■ Zahlen

- ganze Zahlen 123 -98 43445 0 +17
 - reelle Zahlen -.002 34.5 12.6e10 -1. 0.0
 - Radix-Zahlen 8#1777 16#FFFE 2#1000
- allgemeines Format: Basis#Zahl
- bei Basis > 10: Buchstaben für Ziffern > 9



Syntax

■ Strings

- (fast) beliebige Zeichenfolge zwischen runden Klammern
- (,) und \ müssen „maskiert“ werden: \ (, \) , \\
- Beispiele `(Dies ist ein String)`
`(Ein String mit !\(*@] Sonderzeichen)`
`()`

■ Namen

- jede Zeichenfolge ohne Sonderzeichen, die nicht eine Zahl ist
- für Variablen, Befehle, Makros, etc.
- Beispiele `abc` `Offset` `@@` `a.b` `&Zeichen` `$Hallo`



Syntax

■ Arrays

- durch Leerzeichen getrennte Objekte zwischen eckigen Klammern
- Beispiel `[123 abd (Hallo Welt)]`

■ Prozeduren

- durch Leerzeichen getrennte Objekte zwischen geschweiften Klammern
- Beispiel `{add 2 div}`
- bündelt die enthaltenen Objekte zu einem einzigen Objekt und führt sie aus, wenn dieses neue Objekt aufgerufen wird



Grafik-Befehle für Linien

- Setzen des Zeichenstifts an die Position (x, y)

`x y moveto`

- Zeichnen einer Linie von der aktuellen Position zu einer neuen Position (x, y)

`x y lineto`

- Angabe der Position (x, y) *relativ* zur aktuellen Position

`dx dy rmoveto`

`dx dy rlineto`

- Tatsächliches Zeichnen der Linienzüge

`stroke`

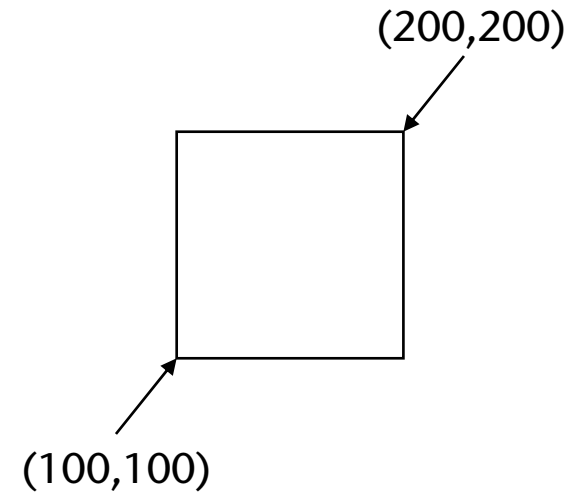


Grafik-Befehle für Linien

■ Beispiel 1

```
100 100 moveto
200 100 lineto
200 200 lineto
100 200 lineto
100 100 lineto
stroke
```

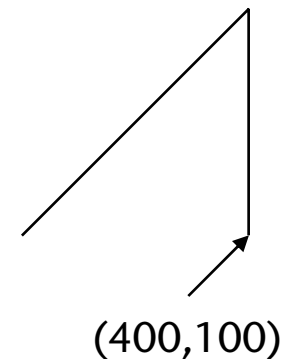
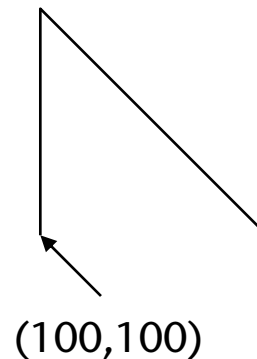
```
100 100 moveto
100 0 rlineto
0 100 rlineto
-100 0 rlineto
0 -100 rlineto
stroke
```



- beide Programme erzeugen dieselbe Grafik

■ Beispiel 2

```
100 4#1210 moveto
100 8#310 lineto
16#C8 100 lineto
5#400 0.0 rmoveto
100 20#50 rlineto
2#0 -100 rlineto
stroke
```





Grafik-Befehle für Kurven

- Kreisbogen mit Mittelpunkt (x, y) , Radius r , Startwinkel s und Endwinkel t , gegen den Uhrzeigersinn

`x y r s t arc`

Winkel in Grad (0–360), wobei 0 = positive x-Richtung

- analoger Kreisbogen im Uhrzeigersinn

`x y r s t arcn`

- Freiform-Kurve vom aktuellen Punkt (x_0, y_0) zum Punkt (x_3, y_3) und „vorbei“ an (x_1, y_1) und (x_2, y_2)

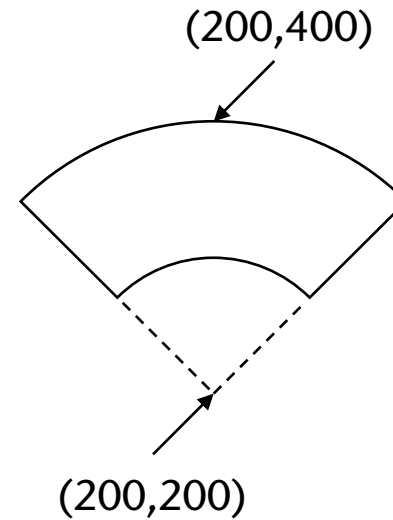
`x1 y1 x2 y2 x3 y3 curveto`



Grafik-Befehle für Kurven

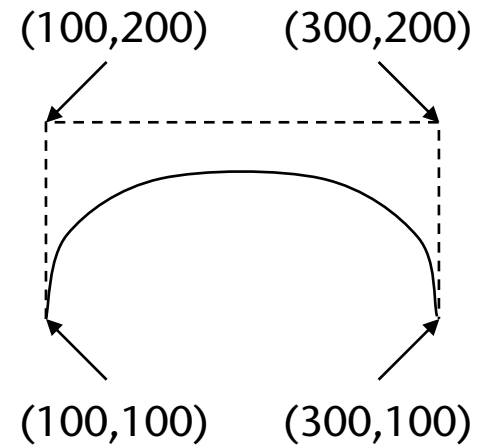
■ Beispiel 1

```
200 200 100 45 135 arc  
200 200 50 135 45 arcn  
35.355 35.355 rlineto  
stroke
```



■ Beispiel 2

```
100 100 moveto  
100 200 300 200 300 100 curveto  
stroke  
[5] 0 setdash  
100 100 moveto  
300 100 300 200 100 200 3 {lineto} repeat  
stroke
```





Grafik-Befehle für den „Line-Style“

- gestrichelte Linien mit Linienmuster (x_0, x_1, \dots)

`[x0 x1 x2 ... xn] z setdash`

die x_i geben abwechselnd die Längen der durchgezogenen Striche und der Lücken an, dieses Muster wird um die Länge z verschoben

- Beispiele
- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <code>[3] 0 setdash</code> | 3 an, 3 aus, 3 an, etc. |
| <code>[3] 2 setdash</code> | 1 an, 3 aus, 3 an, etc. |
| <code>[4 2] 0 setdash</code> | 4 an, 2 aus, 4 an, etc. |
| <code>[4 2] 5 setdash</code> | 1 aus, 4 an, 2 aus, 4 an, etc. |
| <code>[2 3 1] 9 setdash</code> | 2 an, 1 aus, 2 an, 3 aus, etc. |
| <code>[] 0 setdash</code> | durchgezogene Linie |



Grafik-Befehle für den „Line-Style“

- Dicke der zu zeichnenden Linie oder Kurve

`d setlinewidth`

- Aussehen des Linien-Endes

`i setlinecap`

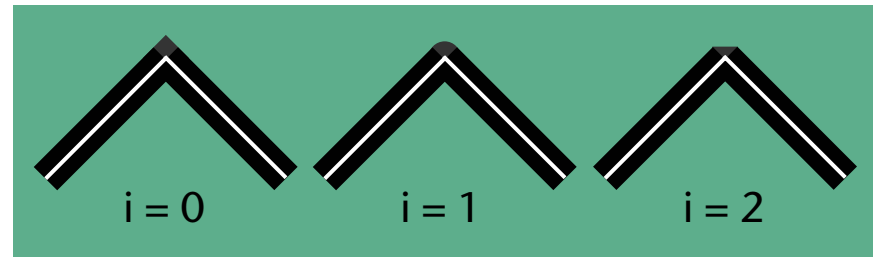


- Aussehen der Linien-Winkel

`i setlinejoin`

- Grauwert $k \in [0,1]$

`k setgray`



- Farbwert $r,g,b \in [0,1]$

`r g b setrgbcolor`



Geschlossene Grafik-Objekte

- Erzeugen eines geschlossenen Pfades

`closepath`

verbindet aktuelle Position mit Ausgangsposition und schließt das Objekt ab

- Füllen einer geschlossenen Form mit aktueller Farbe

`fill` statt `stroke`

- Erzeugen eines neuen Pfades

`newpath`

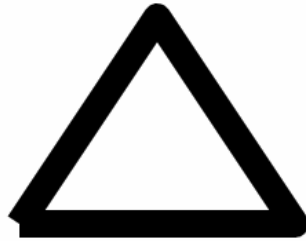
geschieht automatisch nach jedem `stroke` oder `fill`



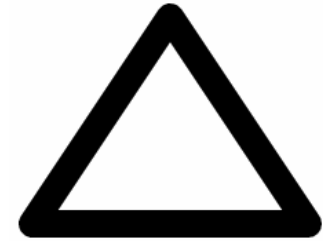
Geschlossene Grafik-Objekte

■ Beispiel 1

```
20 setlinewidth  
1 setlinejoin  
100 100 moveto  
300 100 lineto  
200 250 lineto  
100 100 lineto  
stroke
```



```
20 setlinewidth  
1 setlinejoin  
100 100 moveto  
300 100 lineto  
200 250 lineto  
closepath  
stroke
```



■ Beispiel 2

```
10 setlinewidth  
0.5 setgray  
100 100 moveto  
300 100 lineto  
200 250 lineto  
closepath  
stroke
```



```
1 0.5 0  
setrgbcolor  
100 100 moveto  
300 100 lineto  
200 250 lineto  
closepath  
fill
```





Lineare Transformationen

- Verändern des lokalen Koordinatensystems
- Verschieben aller nachfolgenden Objekte um (x, y)
`x y translate`
- Drehen um den Winkel s gegen den Uhrzeigersinn
`s rotate`
- Skalieren um die Faktoren a und b in x - und y -Richtung
`a b scale`

wirkt sich auch auf die Liniendicke aus
und Kreise werden zu Ellipsen



Lineare Transformationen

■ Beispiel

```
200 200 translate
```

```
45 rotate
```

```
2 1 scale
```

```
10 setlinewidth
```

```
0.5 setgray
```

```
newpath
```

```
0 0 50 0 360 arc
```

```
closepath
```

```
stroke
```

```
1 0 0 setrgbcolor
```

```
0 0 50 0 360 arc
```

```
fill
```

```
0.5 1 scale
```

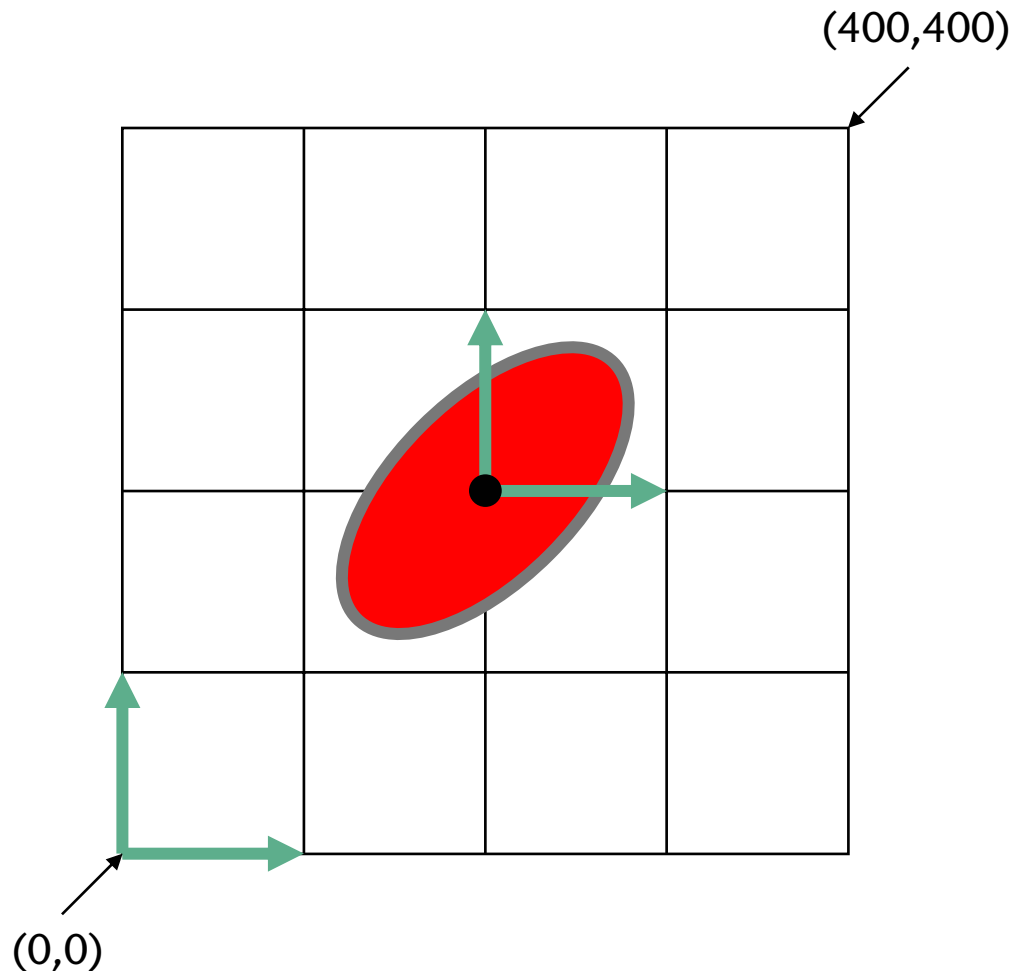
```
-45 rotate
```

```
-200 -200 translate
```

```
0 setgray
```

```
200 200 10 0 360 arc
```

```
fill
```





Zusammenfassung

- Programmiersprache PostScript
 - Beschreiben von 2D-Vektorgrafiken
 - auflösungs- und geräteunabhängig
 - Interpretersprache
- Aufbau eines PostScript-Programms
 - Header
 - Prolog
 - Skript
 - Trailer
- einfache Syntax



Zusammenfassung

- Befehle mit $n \geq 0$ Operanden o_i in Postfixnotation

`o1 o2 ... on befehl`

- elementare Zeichenbefehle

`moveto, lineto, rmoveto, rlineto, arc, arcn, curveto, strike, fill, newpath, closepath`

- Verändern der Zeichenattribute

`setlinewidth, setdash, setlinecap, setlinejoin, setgray, setrgbcolor`

- Verändern des Koordinatensystems

`translate, rotate, scale`