Funktionen

- Umfangreiche Programme werden in Funktionen aufgeteilt, dadurch werden sie modularer und einfacher zu warten.
- Funktionen werden mit der def-Anweisung definiert

```
def add( x, y ):
      return x+y
```

- Funktionsaufrufe erfolgen durch Angabe des Funktionsnamens und der Funktionsargumente

```
a = add( 3, 5 )
```

- Anzahl der Argumente muß mit der Funktionsdefinition übereinstimmen, sonst wird ein Type-Error ausgelöst

Achtung

- Kein Rückgabetyp deklariert!
  - Funktion kann Objekte von verschiedenem Typ jedesmal liefern!
  - Große Flexibilität, große Gefahr
- Parameter haben keinen Typ deklariert!
  - Dito

Parameterübergabe

- Ist in Python prinzipiell *Call-by-Reference*
  - Funktion bekommt Referenz (Zeiger), keine Kopie des Wertes
  - D.h., Parameter können in der Funktion geändert werden!

```
def set( x ):
  x[0] = 3

a = [ 1, 2, 3 ]
print a
set( a )
print a
```

Ausgabe
```
123
323
```

- Ausnahmen: "einfache" Datentypen (Integer, Float, String)

```
def set( x ):
  x = 3

a = 1
print a
set( a )
print a
```

Ausgabe
```
1
1
```


Keyword-Parameter

- Die Parameter in einem "klassischen" Aufruf der Art

```
foo( 1.0, "hello", [1,2,3] )
```

  heißen *"positional arguments"*, weil ihre Zuordnung zu den formalen Parametern durch die Position in der Liste aller Argumente gegeben ist
- Alternative: Parameter-Übergabe durch *Key-Value*-Paare:

```
def new_frame(text, name, bg_color, fg_color, font, size):
    …whatever…

new_frame("Hello World", name="hello", font="Helvetica",
          size=4, bg_color="blue", fg_color="red" )
```

Default-Werte

- Angabe aller Parameter bei langer Parameterliste manchmal mühsam
- Lösung: Default-Argumente

```
def new_frame(text, name="upper_left", bg_color="white",
              fgcolor="black", font="Ariel", size=2):
    …whatever…

new_frame("Hello World", font="Helvetica")
new_frame("Our products", "index_frame", size=4,
          bg_color="blue")
```

  - Alle Parameter, die im Aufruf nicht angegeben werden (*positional* oder *key/value*), werden mit Default-Argumenten belegt

- Regeln für Argumente
- Beispiel-Funktion:

```
def f(name, age=30):
    …whatever…
```

- Argument darf nicht sowohl *positional* als auch als *Key/Value* gegeben werden:

```
f("aaron", name="sam") --> ValueError
```

- *Positional* Argumente müssen *Key/Value*-Argumenten voranstehen

```
f(name="aaron", 34) --> SyntaxError
```

- Alle Argumente ohne Default-Werte müssen definiert werden

```
f() --> ValueError
```


Funktionen als Parameter

- Funktionen sind vollwertige Objekte

→ Funktionen können auch Funktionen als Parameter erhalten

  - Analog in C: Funktionszeiger; analog in C++: Funktoren

- Beispiel: Sortieren von Listen

```
list.sort( cmpfunc )
```


Beispiel `map`

- Die Funktion `t = map( func, s)` wendet die Funktion `func()` auf alle Elemente einer Liste s an und gibt eine neue Liste t zurück

```
a = [1, 2, 3, 4, 5, 6]
def triple(x):
      return 3*x
b = map( triple, a ) # b = [3,6,9,12,15,18]
```

- Weiteres map-Beispiel: alle *command line arguments* als int's lesen

```
import sys
int_args = map( int, sys.argv[1:] )
```

Rückgabewerte

- Die return-Anweisung gibt einen Wert aus der Funktion zurück

```
a = 3
def square( x ):
  square = x*x
  return square

print a
a = square( a )
print a
```

Ausgabe
3
9

- Mehrere Werte können als Tupel zurückgegeben werden

```
def square_cube( x ):
  square = x*x
  cube = x*x*x
  return ( square, cube )

a = 3
x, y = square( a )        # keine Klammern auf lhs!
```


Scope von Variablennamen

- Variablennamen in Funktionen nur innerhalb der Funktion gültig

```
a = 3
def foo( x ):
  a = 5

print a
foo( a )
print a
```

Ausgabe
3
3

- Auf Variablen außerhalb greift man per **`global`**-Anweisung zu

```
a = 3
def foo( x ):
  global a
  a = 5

print a
foo( a )
print a
```

Ausgabe
3
5

Beispiel: Berechnung der Tages

```
def Day( day, month, year ):
      days = ["Mo","Di","Mi","Do","Fr","Sa","So"]
      y = year - (14 - month) / 12
      x = y + y/4 - y/100 + y/400
      m = month + 12 * ((14 - month) / 12) - 2
      d = (day + x + (31*m)/12) % 7
      return days[d]

print Day( 24, 12, 2005 )
```

Ausgabe
Sa

Module

- Wenn Programme zu lang werden, kann man sie in mehrere Dateien unterteilen, um sie besser warten zu können
- Python erlaubt es, Definitionen in eine Datei zu setzen und sie als Modul zu benutzen
- Um ein Modul zu erzeugen schreibt man die Def's in einen File, der denselben Namen wie das Modul und Suffix **`.py`** hat

```
# File: div.py    # bildet divmod() nach
def divide( a, b ):
      q = a/b
      r = a-q*b   # Wenn a und b ganzzahlig, dann auch q
      return (q, r)  # liefert ein Tuple
```

Verwendung von Modulen

- Um ein Modul zu verwenden benutzt man die **`import`**-Anweisung
- Um auf eine Funktion aus einem Module zuzugreifen, stellt man ihr den Modulnamen voran

```
import div
a, b = div.divide( 100, 35  )
```

- Um spezielle, einzelne Definitionen in den aktuellen Namensraum zu importieren benutzt man die from-Anweisung

```
from div import divide
a, b = divide( 100, 35  )
```

kein `div.` mehr nötig

- den gesamten Inhalt eines Moduls importiert man mit:

```
from div import *
```


Modul-Suchpfad

- Beim Laden der Module sucht der Interpreter in einer Liste von Verzeichnissen, die in der Liste **`sys.path`** definiert ist:

```
>>> import sys
>>> sys.path
['', '/usr/local/lib/python1.5/',
'/usr/local/lib/python1.5/test',
'/usr/local/lib/python1.5/plat-sunos5',
'/usr/local/lib/python1.5/lib-tk',
'/usr/local/lib/python1.5/lib-dynload',
'/usr/local/lib/site-python']
```

- Neue Verzeichnisse fügt man dem Suchpfad durch einen Eintrag in die Liste hinzu, z.B.

```
>>> sys.path.append( "." )
```


Modul **`math`**

- Das Modul math definiert mathematische Standarfunktionen für Floating-Point-Zahlen

Einige Funktionen des math-Moduls

`ceil(x)`	Ergibt nächstgrößere ganze Zahl von x.
`cos(x)`	Ergibt Cosinus von x.
`exp(x)`	Ergibt e ** x.
`fabs(x)`	Ergibt Betrag von x.
`floor(x)`	Ergibt nächstkleinere ganze Zahl von x.
`fmod(x, y)`	Ergibt x % y.
`frexp(x)`	Ergibt positive Mantisse und Exponenten von x.
`hypot(x, y)`	Ergibt Euklidischen Abstand, sqrt(x*x+y*y).
`ldexp(x, i)`	Ergibt x * (2 ** i).
`log(x)`	Ergibt natürlichen Logarithmus von x.
`log10(x)`	Ergibt Logarithmus zur Basis 10 von x.
`pow(x, y)`	Ergibt x ** y.
`sin(x)`	Ergibt Sinus von x.
`sqrt(x)`	Ergibt Quadratwurzel von x.
`tan(x)`	Ergibt Tangens von x.

Modul cmath

- Python hat neben Ganzzahlen und FP-Zahlen auch komplexe Zahlen als Typ direkt eingebaut
- Zahlen mit j am Ende interpretiert Python als komplexe Zahlen
- Komplexe Zahlen mit Real- und Imaginärteil erzeugt man durch Addition, also z.B. c = 1.2 + 12.24j
- Das Modul cmath definiert mathematische Standarfunktionen für komplexe Zahlen

Einige Funktionen des cmath-Moduls

`cos(x)`	Ergibt Cosinus von x.
`exp(x)`	Ergibt e ** x.
`log(x)`	Ergibt natürlichen Logarithmus von x.
`log10(x)`	Ergibt Logarithmus zur Basis 10 von x.
`sin(x)`	Ergibt Sinus von x.
`sqrt(x)`	Ergibt Quadratwurzel von x.
`tan(x)`	Ergibt Tangens von x.

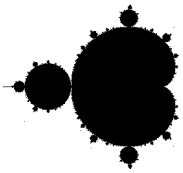
Beispiel: Mandelbrotmenge

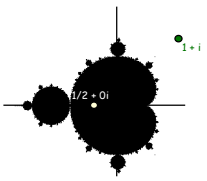
- Menge von Punkten M in der komplexen Ebene:
  - Bilde zu jedem $c \in \mathbb{C}$ die (unendliche) Folge

$$z_{i+1} = z_i^2 + c\,, \quad z_0 = 0$$

  - Definiere Mandelbrot-Menge

$$\mathbb{M} = \{c \in \mathbb{C} \mid \text{Folge } (z_i) \text{ bleibt beschränkt } \}$$





i	z_i
0	1 + i
1	1 + 3i
2	-7 + 7i
3	1 - 97i
4	-9407 – 193i
5	88454401 + 3631103i

c = 1 + i ist nicht in der Mandelbrotmenge enthalten

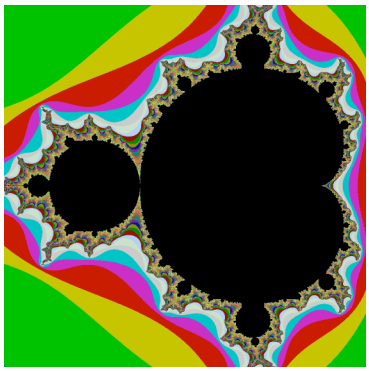
i	z_i
0	-1/2
1	-1/4
2	-7/16
3	1
4	-79/256
5	-26527/65536

c = -1/2 ist in der Mandelbrotmenge enthalten

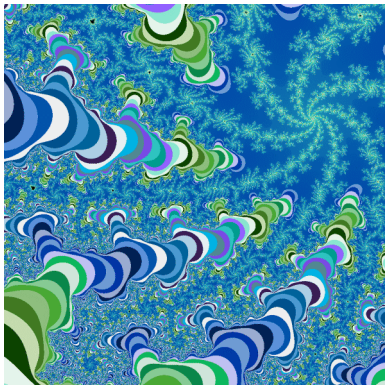
Visualisierung der Mandelbrotmenge

- Färbe Pixel (x, y) schwarz falls z = x + iy in der Menge ist, sonst weiß
- Einschränkungen in der Praxis:
  - Man kann nicht unendlich viele Punkte zeichnen
  - Man kann nicht unendlich oft iterieren
- Deswegen: Approximative Lösung
  - Wähle eine endliche Menge von Punkten aus
  - Iteriere N mal
    - Satz (o. Bew.): Ist $|z_t| > 2$ für ein t, dann ist c nicht in der Mandelbrotmenge
    - Es gilt (fast immer): Ist $|z_{256}| \leq 2$ dann ist c "wahrscheinlich" in der Mandelbrotmenge enthalten
- Schönere Bilder erhält man, wenn man die Punkte zusätzlich färbt:
  - Färbe c abhängig von der Anzahl an Iterationen t die nötig waren, bis $|z_t| > 2$ wurde.

Mandelbrotmengen-Impressionen



Mandelbrotmengen-Impressionen



Modul `random`

- Das Modul random erzeugt Pseudo-Zufallszahlen

Einige Funktionen des random-Moduls

`choice(seq)`	Gibt zufälliges Element einer Sequenz seq zurück
`random()`	Gibt Zufallszahl zwischen 0 und 1 aus
`uniform(a, b)`	Gibt normalverteilte Zufallszahl aus dem Intervall [a, b) zurück
`randint(a, b)`	Gibt ganzzahlige Zufallszahl aus dem Intervall [a, b] zurück
`seed([x])`	Initialisiert den Zufallszahl-Generator. Falls x nicht explizit angegeben wird, wird einfach die aktuelle Systemzeit verwendet

Python Imaging Library (PIL)

- Bibliothek zum Erzeugen, Konvertieren, Bearbeiten, usw von Bildern
- Die Bibliothek enthält mehrere Module
  - Image Modul
  - ImageDraw Modul
  - ImageFile Modul
  - ImageFilter Modul
  - ImageColor Modul
  - ImageWin Modul
  - ...

Module `Image` der PIL

- Stellt grundlegende Funktionen zur Verfügung

Einige Funktionen des Image-Moduls

`new(mode, size)`	Erzeugt neues Bild. mode ist ein String der das verwendete Pixelformat beschreibt (z.B. "RGB", "CMYK"), size ist ein 2-Tupel, durch welches Höhe und Breite des Bildes in Pixeln angegeben werden
`new(mode, size, color)`	Wie oben mit einem zusätzlichen 3-Tupel für die Farbtiefe.
`putpixel( xy, color)`	Setzt den Pixel an der Position (x, y) auf den angegebenen Farbwert
`show()`	Zeigt das Bild an. Die Ausgabe ist abhängig vom verwendeten Betriebssystem
`save(outfile, options)`	Speichert ein Bild in der Datei mit dem Namen outfile. Zusätzlich können noch Optionen angegeben werden

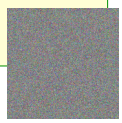
Beispiel

```
# import Libraries
import Image
import random

# Create new Image
im = Image.new("RGB", (512, 512), (256, 256, 256) )

# Set some Pixels randomly in the Image
for i in range( 0, 512 ):
    for j in range( 0, 512 ):
        r = random.randint(0, 256)
        g = random.randint(0, 256)
        b = random.randint(0, 256)
        im.putpixel( (i, j), (r, g, b) )

# Finally: Show the image
im.show()
```



Modul ImageDraw der PIL

- Einfache Funktionen zum Erzeugen von 2D-Grafiken:
  - **ellipse**(xy, options) Erzeugt eine Ellipse
  - **line**(xy, options) Erzeugt eine Linie
  - **point**(xy, options) Erzeugt einen Punkt
  - **polygon**(xy, options) Erzeugt ein Polygon
  - **rectangle**(box, options) Erzeugt ein Rechteck
  - **text**(position, string, options) Erzeugt eine Text

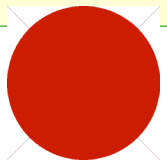
Beispiel

```
import Image, ImageDraw

im = Image.new("RGB", (512, 512), (256, 256, 256) )

draw = ImageDraw.Draw(im)
draw.line((0, 0) + im.size, fill=128)
draw.line((0, im.size[1], im.size[0], 0), fill=100)
draw.ellipse ((0, 0) + im.size, fill=200)
del draw

im.show()
```



Unit-Tests in Python

- Unit-Test
  - Einfachste Form von Software-Test aus dem Software-Engineering
  - Unit = Funktion oder Klasse
  - Testet, ob Ist-Ausgabe der Soll-Ausgabe entspricht
  - Wird normalerweise vom Programmierer der Funktion/Klasse gleich mitgeschrieben
    - er weiß am besten, was rauskommen muß
    - Dient gleichzeitig der gedanklichen Unterstützung beim Aufstellen der Spezifikation der Funktion / Klasse
- Unit-Tests können später automatisiert im Batch ablaufen
  - Stellt sicher, daß Einzelteile der Software noch das tun, was sie sollen
  - Stellt sicher, daß im Code-Repository immer eine korrekte Version ist

Integration von Unit-Tests im Modul selbst (der __name__-Trick)

- Jedes Python-Modul besitzt einen eigenen Namen
  - Innerhalb eines Moduls ist der Modulname (als String) als Wert der globalen Variablen **__name__** verfügbar.
  - Die Variable **__main__** enthält den Namen des Hauptprogramms
- Dadurch lassen sich in Python sehr leicht Unit-Tests direkt im Modul implementieren:
  - Bestimmte Teile eines Moduls werden nur dann ausgeführt, wenn man es als eigenständiges Programm startet
  - Beim Import in ein anderes Modul werden diese Teile nicht ausgeführt

```
if __name__ == "__main__":
      print 'This program is being run by itself'
else:
      print 'I am being imported from another module'
```


Beispiel

```
def ggt(a,b):
    while b != 0:
        a, b = b, a%b
    return a

def test_ggt():
    if ggt(100, 0) == 100:
        print "test1 passed"
    else:
        print "test1 failed"
    if ggt(43, 51) == 1:
        print "test2 passed"
    else:
        print "test2 failed"
    if ggt(10, 5) == 5:
        print "test3 passed"
    else:
        print "test3 failed"

if __name__ == "__main__":
    test_ggt()
```