

# Computergrundlagen Programmieren lernen — in Python

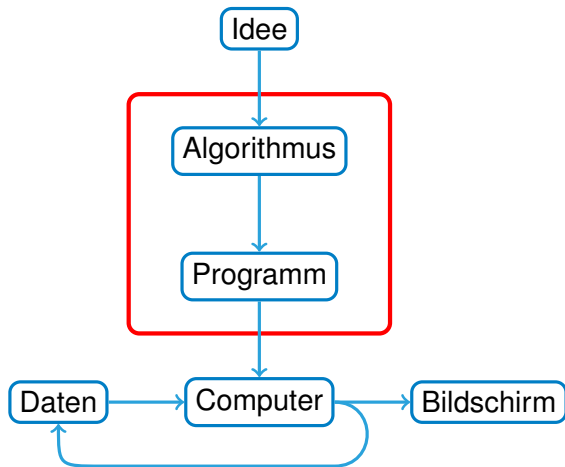
**Axel Arnold**

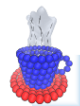
Institut für Computerphysik  
Universität Stuttgart

Wintersemester 2013/14



# Was ist Programmieren?





# Algorithmus

## Wikipedia:

Ein Algorithmus ist eine aus endlich vielen Schritten bestehende eindeutige Handlungsvorschrift zur Lösung eines Problems oder einer Klasse von Problemen.

Ein Beispiel-**Problem**:

### Gegeben

- Liste aller Teilnehmer der Vorlesung

### Fragestellung

- ~~Wer wird die Klausur bestehen?~~ ⚡
- Wieviele Studenten haben nur einen Vornamen?
- Wessen Matrikelnummer ist eine Primzahl?

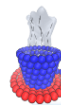
## Programm

Ein Programm ist eine Realisation eines Algorithmus in einer bestimmten Programmiersprache.

- Es gibt derzeit mehrere 100 verschiedene Programmiersprachen
- Die meisten sind *Turing-vollständig*, können also alle bekannten Algorithmen umsetzen

### Softwareentwicklung und Programmieren

- Entwickeln der Algorithmen
  - Aufteilen in einfachere Probleme
  - Wiederverwendbarkeit
- Umsetzen in einer passenden Programmiersprache



# Von der Idee zum Programm

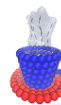
Schritte bei der Entwicklung eines Programms

## 1. Problemanalyse

- Was soll das Programm leisten?  
*Z.B. eine Nullstelle finden, Molekulardynamik simulieren*
- Was sind Nebenbedingungen?  
*Z.B. ist die Funktion reellwertig? Wieviele Atome?*

## 2. Methodenwahl

- Schrittweises Zerlegen in Teilprobleme (Top-Down-Analyse)  
*Z.B. Propagation, Kraftberechnung, Ausgabe*
- Wahl von Datentypen und -strukturen  
*Z.B. Listen oder Tupel? Wörterbuch?*
- Wahl der Rechenstrukturen (Algorithmen)  
*Z.B. Newton-Verfahren, Regula falsi*
- Wahl der Programmiersprache



## Von der Idee zum Programm

Schritte bei der Entwicklung eines Programms

### 3. **Implementation und Dokumentation**

- Programmieren und *gleichzeitig* dokumentieren
- Kommentare und externe Dokumentation (z.B. Formeln)

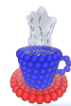
### 4. **Testen auf Korrektheit**

- Funktioniert das Programm bei erwünschter Eingabe?  
*Z.B. findet es eine bekannte Lösung?*
- Gibt es aussagekräftige Fehler bei falscher Eingabe?  
*Z.B. vergessene Parameter, zu große Werte*

### 5. **Testen auf Effizienz**

- Wie lange braucht das Programm bei beliebigen Eingaben?
- Wieviel Speicher braucht es?

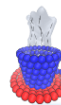
6. Meist wieder zurück zur Problemanalyse, weil man etwas vergessen hat ...



## ... und jetzt das Ganze in Python



- schnell zu erlernende, moderne Programmiersprache  
– tut, was man erwartet
- viele Standardfunktionen („all batteries included“)
- Bibliotheken für alle anderen Zwecke
- freie Software mit aktiver Gemeinde
- portabel, gibt es für fast jedes Betriebssystem
- entwickelt von Guido van Rossum, CWI, Amsterdam



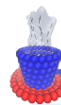
## Informationen zu Python

- Aktuelle Versionen 3.3.0 bzw. 2.7.3
- 2.x ist *noch* weiter verbreitet (z.B. Python 2.7.3 im CIP-Pool)
- Diese Vorlesung behandelt daher noch 2.x
- Aber längst nicht alles, was Python kann

## Hilfe zu Python

- offizielle Homepage  
<http://www.python.org>
- Einsteigerkurs „A Byte of Python“  
<http://swaroopch.com/notes/Python> (englisch)  
<http://abop-german.berlios.de> (deutsch)
- mit Programmiererfahrung „Dive into Python“  
<http://diveintopython.net>





## Python starten

Aus der Shell:

---

```
> python
```

```
Python 2.7.3 (default, Aug 1 2012, 05:14:39)
```

```
[GCC 4.6.3] on linux2
```

```
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more..
```

```
>>> print "Hello World"
```

```
Hello World
```

```
>>> help("print")
```

```
>>> exit()
```

---

- >>> markiert Eingaben
- **print**: Ausgabe auf das Terminal
- help(): interaktive Hilfe, wird mit „q“ beendet
- Statt exit() reicht auch Control-d
- oder ipython mit Tab-Ergänzung, History usw.



## Python-Skripte

Als Python-Skript helloworld.py:

---

```
#!/usr/bin/python
```

```
# unsere erste Python-Anweisung
```

```
print "Hello World"
```

---

- Mit `python helloworld.py` starten
- oder ausführbar machen (`chmod a+x helloworld.py`)
- **Umlaute vermeiden** oder Encoding-Cookie einfügen
- „#!“ funktioniert genauso wie beim Shell-Skript
- Zeilen, die mit „#“ starten, sind Kommentare

Kommentare sind wichtig,  
um ein Programm verständlich machen!

- ... und nicht, um es zu verlängern!



## Beispiel: Fakultät

### ■ Problem

Gegeben: Eine ganze Zahl  $n$

Gesucht: Die Fakultät  $n! = 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot n$  von  $n$

### ■ Implementation

---

```
# calculate factorial 1*2*...*n
```

```
n = 5
```

```
factorial = 1
```

```
for k in range(1, n+1):
```

```
    factorial = factorial * k
```

```
print n, "! =", factorial
```

---

Ausgabe:

```
5 ! = 120
```

■ Gegebene Daten ( $n=5$ ) fix ins Programm eingefügt

⇒ später lernen wir, Daten einzulesen



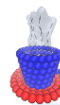
## Datentyp: Ganzzahlen

---

```
>>> print 42
42
>>> print -12345
-12345
>>> print 20/2
10
>>> print 3/2, -3/2
1 -2
```

---

- Klassische, mathematische Ganzzahlen
- Division liefert nur ganzzahligen Rest (anders in Python 3!)
- **print** gibt mit Komma auch mehrere Werte aus (nicht nur für Ganzzahlen)



## Exkurs: Zahlensysteme

Sei  $B > 0$  eine natürliche Zahl. Dann kann jede natürliche Zahl  $z$  *eindeutig* dargestellt werden als

$$z = \sum_{i=0}^N B^i z_i \text{ mit } 0 \leq z_i < B$$

### Beispiel

- $B = 10$  entspricht unserem Dezimalsystem:

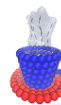
$$1042 = 10^0 \cdot 2 + 10^1 \cdot 4 + 10^3 \cdot 1 = 1042d$$

- $B = 8$  ergibt das Oktalsystem:

$$1042 = 8^0 \cdot 2 + 8^1 \cdot 2 + 8^3 \cdot 2 = 2022o$$

- $B = 16$  das Hexadezimalsystem (Ziffern 1–9, A–F):

$$1042 = 16^0 \cdot 2 + 16^1 \cdot 1 + 16^2 \cdot 4 = 412x$$



## Binärsystem

- Computer arbeiten mit zwei Zuständen: viel/wenig Strom
- interpretiere als Ziffern 0 und 1  $\implies B = 2$

### Beispiele

$$1042 = 2^{10} + 2^4 + 2^1 = 10.000.010.010b$$

- Umrechnung von Binär- auf Dezimalzahlen ist umständlich
- Binär  $\leftrightarrow$  oktal ist einfach:

$$\begin{array}{cccc} 2^1 & 4^2 & 1 & 4^2 & 1 & 4^2 & 1 \\ 10.000.010.010b & = & 2022o \end{array}$$

- *Hexadezimal* ( $B = 16$ , Ziffern 1–9, A–F) auch:

$$\begin{array}{cccc} 4^2 & 1 & 8^4 & 2 & 1 & 8^4 & 2 & 1 \\ 10.000.010.010b & = & 812h \end{array}$$

$$1010.1111.1111.1110b = \text{AFFEh}$$



## Addieren/Subtrahieren im Binärsystem

Genau wie im Dezimalsystem:

$$\begin{array}{r}
 101010 \quad (\text{Summand } a) \\
 + \quad 1111 \quad (\text{Summand } b) \\
 \quad 1110 \quad (\text{Übertrag } c) \\
 \hline
 = 111001 \quad (\text{Ergebnis } e)
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 101010 \quad (1. \text{ Summand } a) \\
 - \quad 1111 \quad (2. \text{ Summand } b) \\
 \quad 1111 \quad (\text{geborgt } c) \\
 \hline
 = 11011 \quad (\text{Ergebnis } e)
 \end{array}$$

## Komplementdarstellung negativer Zahlen

$$\begin{array}{r|l}
 0 & 0 \\
 - 5 & - \quad 101 \\
 \hline
 = -5 & = \dots 11111 \\
 & = \dots 111011
 \end{array}$$

- beliebig viele führende 1er
- bei  $n$  Bit-Darstellung wird  $-z$  als  $2^n - z$  dargestellt
- daher ist  $-5 = 256 - 5 = 251 = 11111011\text{b}$  bei 8 Bit



## Datentyp: (Fließ-)kommazahlen

```
>>> print 12345.000
12345.0
>>> print 6.023e23, 13.8E-24
6.023e+23 1.38e-23
>>> print 3.0/2
1.5
```

- Reelle Zahlen der Form  $6,023 \cdot 10^{23}$
- $1.38e-23$  steht z. B. für  $1,38 \times 10^{-23}$
- Achtung: englische Schreibweise, Punkt statt Komma
- Keine Tausenderpunkte (oder -kommata)
- Endliche binäre Genauigkeit von **Mantisse** und **Exponent**
- $12345 \neq 12345.0$  (z. B. bei der Ausgabe)





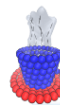
## Aufbau von Fließkommazahlen

$$\pm 1,23456789 \cdot 10^{\pm 123}$$

bzw. binär

$$\pm 1,0011110000001100101 \cdot 2^{\pm 1111011}$$

- Eine Fließkommazahl besteht aus:
  - Vorzeichen
  - **Mantisse**
  - **Exponent**
- üblich: 52 Bit Mantisse, 11 Bit Exponent („doppelte Genauigkeit“)
- stellen daher nur einen Teil der rationalen Zahlen exakt dar
- z.B.  $0,1_d = 0,00011001100110011 \dots_b$



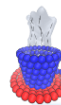
## Subtraktion/Addition von Fließkommazahlen

Beispiele:

$$\begin{aligned} & 1,0 \cdot 10^0 + 1,0 \cdot 10^{-5} \\ & = 1,0 \cdot 10^0 + 0,00001 \cdot 10^0 = 1,00001 \cdot 10^0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 1,000002 \cdot 10^0 - 1,000001 \cdot 10^0 \\ & = 0,000001 \cdot 10^0 = 1,0 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

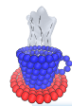
- Verschieben der Mantisse der kleineren Zahl auf gemeinsamen Exponenten
- dabei gehen Stellen der kleineren Zahl verloren
- gewöhnliche Addition/Subtraktion der Mantissen
- führende Nullen entfernen durch Verringern des Exponenten
- **Auslöschung**: Subtraktion gleich großer Zahlen  $\implies$  viele führende Nullen, wenig signifikante Stellen übrig



## Datentyp: Zeichenketten

```
>>> print "Hello World"
Hello World
>>> print 'Hello World'
Hello World
>>> print """Hello
... World"""
Hello
World
```

- zwischen einfachen (') oder doppelten (") Anführungszeichen
- Über mehrere Zeilen mit dreifachen Anführungszeichen
- Zeichenketten sind keine Zahlen! "1"  $\neq$  1
- `int(string)` konvertiert Zeichenkette in Ganzzahl
- entsprechend `float(string)` für Fließkomma



## Sich etwas merken — Variablen

---

```
>>> factorial = 2
>>> factor = 3
>>> print factorial, factor
2 3
>>> factorial = factorial * factor
>>> factor = 4
>>> print factorial, factor
6 4
```

---

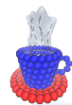
- Werte können mit Namen belegt werden **und verändert**
- keine mathematischen Variablen, sondern Speicherplätze
- Daher ist `factorial = factorial * factor` kein Unsinn, sondern multipliziert `factorial` mit `factor`
- Die nachträgliche Änderung von `factor` ändert nicht `factorial`, das Ergebnis der vorherigen Rechnung!



## Sich etwas merken — Variablen

```
>>> factorial = 2
>>> factor = 3
>>> print factorial, factor
2 3
>>> factorial = factorial * factor
>>> factor = 4
>>> print factorial, factor
6 4
```

- Variablennamen bestehen aus Buchstaben, Ziffern oder „\_“ (Unterstrich), am Anfang keine Ziffer
- Groß-/Kleinschreibung ist relevant: Hase  $\neq$  hase
- **Richtig:** i, some\_value, SomeValue, v123, \_hidden, \_1
- **Falsch:** 1\_value, some\_value, some-value
- am besten sprechende Bezeichner, also „factorial“, „n“ statt „v1“, „v2“

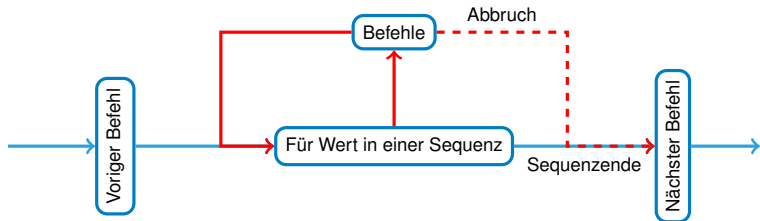


## Arithmetische Ausdrücke

+	Addition, bei Strings aneinanderfügen, z.B. $1 + 2 \rightarrow 3$ , $"a" + "b" \rightarrow "ab"$
-	Subtraktion, z.B. $1 - 2 \rightarrow -1$
*	Multiplikation, Strings vervielfältigen, z.B. $2 * 3 = 6$ , $"ab" * 2 \rightarrow "abab"$
/	Division, bei ganzen Zahlen ganzzahlig, z.B. $3 / 2 \rightarrow 1$ , $-3 / 2 \rightarrow -2$ , $3.0 / 2 \rightarrow 1.5$
%	Rest bei Division, z.B. $5 \% 2 \rightarrow 1$
**	Exponent, z.B. $3**2 \rightarrow 9$ , $0.1**3 \rightarrow 0.001$

- mathematische Präzedenz (Exponent vor Punkt vor Strich),  
z. B.  $2**3 * 3 + 5 \rightarrow 2^3 \cdot 3 + 5 = 29$
- Präzedenz kann durch runde Klammern geändert werden:  
 $2**(3 * (3 + 5)) \rightarrow 2^{3 \cdot 8} = 16.777.216$

## for-Schleifen



- Wiederholen eines Blocks von Befehlen
- *Schleifenvariable* nimmt dabei verschiedene Werte aus einer *Sequenz* (Liste) an
- Die abzuarbeitende Sequenz bleibt fest
- Kann bei Bedarf abgebrochen werden (Ziel erreicht, Fehler, ...)

Für jeden Studenten in den Computergrundlagen finde einen Übungsplatz

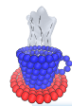


## for-Schleifen in Python

```
>>> for v in range(1, 3): print v
1
2
>>> b = 0
>>> for a in range(1, 100):
...     b = b + a
>>> print b
4950
>>> print 100 * (100 - 1) / 2
4950
>>> print range(1,10)
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
```

- Das aktuelle Element steht in den Variablen  $v$  bzw.  $a$
- $\text{range}(k, l)$  ist eine Liste der Zahlen  $a$  mit  $k \leq a < l$
- später lernen wir, Listen zu erstellen und verändern





## Beispiel: Pythagoreische Zahlentripel (Schleifen)

### ■ Problem

Gegeben: Eine ganze Zahl  $c$

Gesucht: Zwei Zahlen  $a, b$  mit  $a^2 + b^2 = c^2$

1. Verfeinerung:  $a = 0, b = c$  geht immer  $\Rightarrow a, b > 0$
2. Verfeinerung: Was, wenn es keine Lösung gibt? Fehlermeldung

### ■ Methodenwahl

- Es muss offenbar gelten:  $a < c$  und  $b < c$
- O.B.d.A. sei auch  $a \leq b$ , also  $0 < a \leq b < c$
- Durchprobieren aller Paare  $a, b$  mit  $0 < a < c$  und  $a \leq b < c$ :

$$c = 5 \implies c^2 = 25, a^2 + b^2 =$$

	1	2	3	4
1	2	5	10	17
2		8	13	20
3			18	<b>25</b>
4				32



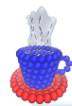
## Implementation

```
# Try to find a pythagorean triple  $a^2 + b^2 = c^2$ .  
# parameter: rhs number, should be an integer larger than 0  
c = 5000  
  
# try all possible pairs  
for a in range(1,c):  
    for b in range(a,c):  
        if  $a**2 + b**2 == c**2$ :  
            print "{}^2 + {}^2 = {}^2".format(a, b, c)  
            exit()
```

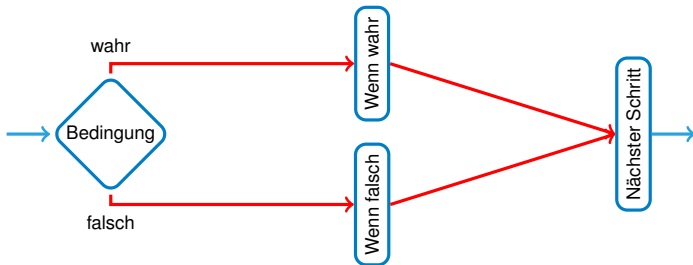
Ausgabe:

$$3^2 + 4^2 = 5^2$$

- Gegebene Daten ( $c=5$ ) fix ins Programm eingefügt  
⇒ später lernen wir, Daten einzulesen

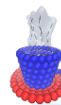


## Bedingte Ausführung



- Das Programm kann auf Werte von Variablen verschieden reagieren
- Wird als *Verzweigung* bezeichnet
- Auch mehr Äste möglich (z.B.  $< 0$ ,  $= 0$ ,  $> 0$ )

Student hat mehr als 50% Punkte?  $\implies$  zur Klausur zulassen



## if: bedingte Ausführung in Python

```
>>> a = 1
>>> if a < 5:
...     print "a ist kleiner als 5"
... elif a > 5:
...     print "a ist groesser als 5"
... else:
...     print "a ist 5"
a ist kleiner als 5
>>> if a < 5 and a > 5:
...     print "Das kann nie passieren"
```

- **if-elif-else** führt den **Block** nach der ersten erfüllten Bedingung (logischer Wert True) aus
- Trifft keine Bedingung zu, wird der **else**-Block ausgeführt
- **elif** oder **else** sind optional



## Logische Ausdrücke

<code>==, !=</code>	Test auf (Un-)Gleichheit, z.B. <code>2 == 2 → True, 1 == 1.0 → True,</code> <code>2 == 1 → False</code>
<code>&lt;, &gt;, &lt;=, &gt;=</code>	Vergleich, z.B. <code>2 &gt; 1 → True, 1 &lt;= -1 → False</code>
<code>or, and</code>	Logische Verknüpfungen „oder“ bzw. „und“
<code>not</code>	Logische Negation, z.B. <code>not False == True</code>

- Wahrheitswerte **True** („wahr“) oder **False** („falsch“)
- Verknüpfungen wie in der klassischen **Aussagenlogik**
- Präzedenz: logische Verknüpfungen vor Vergleichen

`3 > 2 and 5 < 7 → True`

`1 < 1 or 2 >= 3 → False`



## Aussagenlogik

Sei  $\vee$  die Verknüpfung „oder“,  $\wedge$  „und“ und  $\neg$  die Negation

Dann gilt für beliebige  $a, b, c \in \{\text{wahr}, \text{falsch}\}$ :

$$\begin{aligned} \text{A1. } & a \vee (b \vee c) = (a \vee b) \vee c, & & \\ & a \wedge (b \wedge c) = (a \wedge b) \wedge c & & \text{(Assoziativität)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A2. } & a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c), & & \\ & a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c) & & \text{(Distributivität)} \end{aligned}$$

$$\text{A3. } \quad a \vee b = b \vee a, \quad a \wedge b = b \wedge a \quad \text{(Kommutativität)}$$

$$\text{A4. } \quad a \vee (a \wedge b) = a, \quad a \wedge (a \vee b) = a \quad \text{(Adsorption)}$$

$$\text{A5. } \quad a \vee \neg a = \text{wahr}, \quad a \wedge \neg a = \text{falsch} \quad \text{(Komplemente)}$$

$$6. \quad a \vee \text{falsch} = a, \quad a \wedge \text{wahr} = a \quad \text{(Neutralität)}$$

$$7. \quad a \vee \text{wahr} = \text{wahr}, \quad a \wedge \text{falsch} = \text{falsch} \quad \text{(Extremalgesetze)}$$

$$8. \quad a \vee a = a, \quad a \wedge a = a \quad \text{(Idempotenz)}$$

$$9. \quad \neg(\neg a) = a \quad \text{(Doppelnegation)}$$

$$10. \quad \neg \text{falsch} = \text{wahr}, \quad \neg \text{wahr} = \text{falsch} \quad \text{(Dualität)}$$

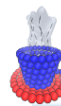
$$11. \quad \neg(a \vee b) = \neg a \wedge \neg b, \quad \neg(a \wedge b) = \neg a \vee \neg b \quad \text{(De Morgan-Gesetze)}$$



## Blöcke und Einrückung

```
>>> b = 0
>>> for a in range(1, 4):
...     b = b + a
...     print b
4
6
9
>>> b = 0
>>> for a in range(1, 3): b = b + a
... print b
9
```

- Alle *gleich eingerückten* Befehle gehören zum Block
- Einzeilige Blöcke können auch direkt hinter den Doppelpunkt
- Einrücken durch Leerzeichen oder Tabulatoren (einfacher)



## Blöcke und Einrückung

- ein Block kann nicht leer sein, aber der Befehl **pass** tut nichts:

```
if a < 5:  
    pass  
else:  
    print "a ist groesser gleich 5"
```

- **IndentationError** bei ungleichmäßiger Einrückung:

```
>>> print "Hallo"  
Hallo  
>>> print print "Hallo"  
File "<stdin>", line 1  
    print "Hallo"  
    ^  
IndentationError: unexpected indent
```

- Falsche Einrückung führt im allgemeinen zu Programmfehlern!

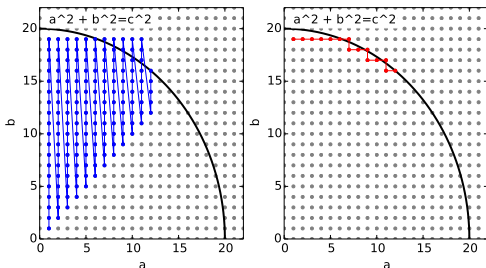




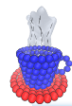
## Testen auf Effizienz

Zahl (alle ohne Lösung)	1236	12343	123456
Zeit	0,2s	18,5s	30m

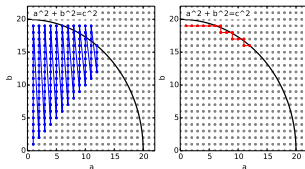
- Das ist sehr langsam! Geht das besser? Ja!



- Statt alle Paare auszuprobieren, suche nur in der Umgebung des Halbkreises!



## Testen auf Effizienz



### ■ **Methodenwahl**, effizienterer Algorithmus:

- Sei zunächst  $a = 1$  und  $b = c - 1$ 
  - Ist  $a^2 + b^2 > c^2$ , so müssen wir  $b$  verringern, und wir wissen, dass es keine Lösung mit  $b = c - 1$  gibt
  - Ist  $a^2 + b^2 < c^2$ , so müssen wir  $a$  erhöhen und wir wissen, dass es keine Lösung mit  $a = 1$  gibt
  - Mit der selben Argumentation kann man fortfahren
  - Wir haben alle Möglichkeiten getestet, wenn  $a > b$
- braucht maximal  $|c|/2$  statt  $c(c - 1)/2$  viele Schritte

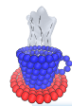


## Neue Implementation

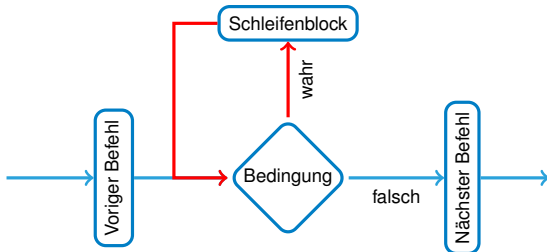
```
# parameter: rhs number, should be an integer larger than 0
c = 5
# starting pair
a = 1
b = c - 1
while a <= b:
    if a**2 + b**2 < c**2: a += 1
    elif a**2 + b**2 > c**2: b -= 1
    else:
        print "{}^2 + {}^2 = {}".format(a, b, c)
        break
```

### ■ Effizienz dieser Lösung:

Zahl	12343	123456	1234561	12345676	123456789
Zeit	0.04s	0.08s	0.65s	6.2s	62.4s
Zeit (alt)	0,2s	18,5s	30m	-	-



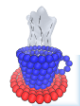
## while-Schleifen



- Wiederholte Ausführung ähnlich wie for-Schleifen
- Keine *Schleifenvariable*, sondern Schleifenbedingung
- Ist die Bedingung immer erfüllt, kommt es zur **Endlosschleife**

Solange  $a > 0$ , ziehe eins von  $a$  ab

Solange noch Zeilen in der Datei sind, lese eine Zeile

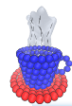


## while-Schleifen in Python

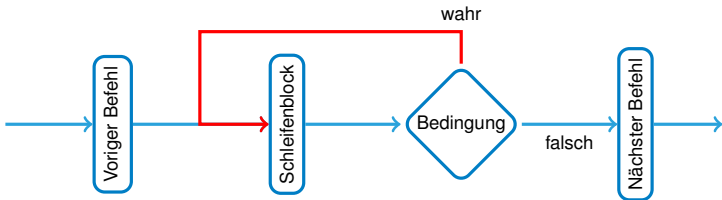
```
>>> a = 1
>>> while a < 5:
...     a = a + 1
>>> print a
5
```

- Führt den Block solange aus, wie die Bedingung wahr ist
- Block wird nicht ausgeführt, wenn Bedingung sofort verletzt ist:

```
>>> a = 6
>>> while a < 5:
...     a = a + 1
...     print "erhoehe a um eins"
>>> print a
6
```

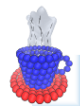


## do-while-Schleifen



- **do...while**-Schleifen führen zunächst den Schleifenblock aus und überprüfen dann die Bedingung
- Nötig, wenn die Bedingung vom Ergebnis des Blocks abhängt
- In Python durch normale **while**-Schleife ersetzen:

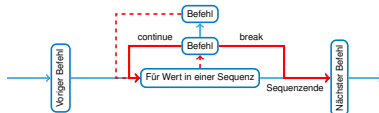
```
>>> condition = True
>>> while condition:
...     body()
...     condition = check()
```



## break und continue: Schleifen beenden

```
>>> for a in range(1, 10):  
...     if a == 2: continue  
...     elif a == 5: break  
...     print a  
1  
3  
4
```

- Beide überspringen den Rest des Schleifenkörpers
- **break** bricht die Schleife ganz ab
- **continue** springt zum Anfang
- Aber immer nur die innerste Schleife





## Formatierte Ausgabe: .format

```
>>> print "{}^2 + {}^2 = {:05}^2".format(3, 4, 5)
3^2 + 4^2 = 00005^2
>>> print "Strings {1} {0:>10}".format("Welt", "Hallo")
Strings Hallo      Welt
>>> print "Fließ { :e} {:+8.4f} { :g}".format(3.14,3.14,3.14)
Fließ 3.140000e+00  +3.1400 3.14
```

- String .format ersetzt {}-Platzhalter
- erster Parameter ersetzt {0}, zweiter {1} usw.
- Formatierungsangaben hinter „:“, u. a.
  - <, >, ^: links-, rechtsbündig oder zentriert
  - +: Vorzeichen immer ausgeben
  - 0: führende Nullen bei Zahlen
  - gefolgt von Breite.Genauigkeit
  - e, f, g: verschiedene Fließkommaformate
  - x, b: hexadezimal und binär ausgeben

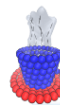




## Parameter einlesen

```
import sys
# get integer c from the command line
try:
    c = int(sys.argv[1])
except:
    sys.stderr.write("usage: {} <c>\n".format(sys.argv[0]))
    exit(-1)
print c
```

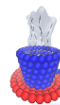
- Bisher ist c fest im Programm  $\implies$   
wenn wir c ändern wollen, müssen wir das Programm ändern
- Besser von der Kommandozeile lesen!
- So können wir das Programm direkt vom Terminal benutzen
- Wir brauchen keinen Editor, wenn es mal tut



## Parameter einlesen

```
import sys
# get integer c from the command line
try:
    c = int(sys.argv[1])
except:
    sys.stderr.write("usage: {} <c>\n".format(sys.argv[0]))
    exit(-1)
print c
```

- **import** sys lädt das sys-Modul, dazu später mehr
- `sys.argv[i]` gibt dann den i-ten Parameter des Programms
- `sys.argv[0]` ist der Name des Skripts
- `int(string)` konvertiert Zeichenkette in Ganzzahl
- Der **except**-Block wird nur ausgeführt, wenn es beim Lesen von `c` einen Fehler gab



## Beispiel: Sortieren

Gegeben: Liste  $A = a_0, \dots, a_N$

Gesucht: Liste  $A' = a'_0, \dots, a'_N$  mit denselben Elementen wie  $A$ , aber sortiert, also  $a'_0 \leq a'_1 \leq \dots \leq a'_N$

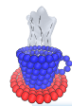
- Datentyp ist egal, so lange  $\leq$  definiert ist
- In Python ganz einfach:
  - `A.sort()`  $\implies$   $A$  wird umsortiert
  - `B = sorted(A)`  $\implies$   $A$  bleibt gleich,  $B$  ist die sortierte Liste

---

```
>>> A = [2,1,3,5,4]
>>> print sorted(A), A
[1, 2, 3, 4, 5] [2, 1, 3, 5, 4]
>>> A.sort()
>>> print A
[1, 2, 3, 4, 5]
```

---

- Aber was passiert da nun? Wie sortiert der Computer?



# Sortieralgorithmus 1: Bubblesort

## Idee

- paarweises Sortieren, größere Werte steigen wie Blasen auf
- ein Durchlauf aller Elemente  $\implies$  größtes Element ganz oben
- $m$  Durchläufe  $\implies m$  oberste Elemente einsortiert
- $\implies$  nach spätestens  $N$  Durchläufen fertig
- fertig, sobald nichts mehr vertauscht wird

## Effizienz

- im Schnitt  $N/2$  Durchläufe mit  $N/2$  Vergleichen  
 $\implies$  Laufzeit  $\mathcal{O}(N^2)$
- Auch im schlimmsten Fall  $N - 1 + N - 2 + \dots + 1 = \mathcal{O}(N^2)$
- Kein zusätzlicher Speicherbedarf

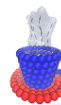


## Implementation

```
def sort(A):  
    "sort list A in place"  
    N = len(A)  
    for round in range(N):  
        changed = False  
        for k in range(N - round - 1):  
            if A[k] > A[k+1]:  
                A[k], A[k + 1] = A[k+1], A[k]  
                changed = True  
        if not changed: break  
A = [1,3,2,5,4]  
sort(A)  
print A
```

Ausgabe:

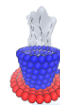
```
[1, 2, 3, 4, 5]
```



## Listen in Python

```
>>> kaufen = [ "Muesli", "Milch", "Obst" ]
>>> kaufen[1] = "Sahne" # "Milch" durch Sahne ersetzen
>>> print kaufen
['Muesli', 'Sahne', 'Obst']
>>> print kaufen[0] # erstes (!) Element
Muesli
>>> print kaufen[-1] # letztes Element
Obst
>>> print "Saft" in kaufen
False
```

- komma-getrennt in eckigen Klammern
- können Daten *verschiedenen* Typs enthalten
- `liste[i]` bezeichnet das *i*-te Listenelement (bei 0 startend)
- negative Indizes starten vom Ende
- `x in liste` überprüft, ob `liste` ein Element mit Wert `x` enthält



## Elemente zu Listen hinzufügen

```
>>> kaufen = [ "Muesli", "Milch", "Obst" ]
>>> kaufen.append("Brot")
>>> print kaufen
['Muesli', 'Milch', 'Obst', 'Brot']
>>> kaufen.insert(1, "Saft")
>>> print kaufen
['Muesli', 'Saft', 'Milch', 'Obst', 'Brot']
>>> kaufen = kaufen + [ "Milch", "Mehl" ]
>>> print kaufen
['Muesli', 'Saft', 'Milch', 'Obst', 'Brot', 'Milch', 'Mehl']
```

- `liste.append(x)` hängt `x` am Ende der Liste `liste` an
- `liste.insert(i, x)` fügt `x` an Position `i` der Liste `liste` an
- Listen können durch `+` aneinandergesetzt werden

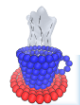


## Elemente löschen

```
>>> kaufen = [ "Muesli", "Milch", "Obst", "Brot", "Milch" ]
>>> kaufen.remove("Milch")
>>> print kaufen
['Muesli', 'Obst', 'Brot', 'Milch']
>>> kaufen.remove("Milch")
>>> print kaufen
['Muesli', 'Obst']
>>> kaufen.remove("Saft")
ValueError: list.remove(x): x not in list
['Muesli', 'Obst', 'Brot']
>>> del kaufen[-1]
```

- `liste.remove(x)` entfernt *das erste Element* mit dem Wert `x` aus der Liste
- Fehler, wenn es kein solches gibt (daher mit `in` testen)
- `del liste[i]` löscht das Element mit *Index* `i` aus der Liste

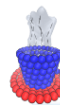




## Unterlisten

```
>>> kaufen = [ "Muesli", "Sahne", "Obst", "Oel", "Mehl" ]
>>> print kaufen[3:4]
['Oel']
>>> for l in kaufen[1:3]:
...     print l
Sahne
Obst
>>> print len(kaufen[:4])
3
```

- $[i:j+1]$  ist die Unterliste vom  $i$ -ten bis zum  $j$ -ten Element
- Leere Grenzen entsprechen Anfang bzw. Ende, also stets `liste == liste[:]` == `liste[0:]`
- **for**-Schleife iteriert über alle Elemente
- negative Indizes starten vom Ende
- `len()` berechnet die Listenlänge



## Vorsicht: Flache Kopien!

```
>>> kaufen = [ "Muesli", "Milch", "Obst" ]
```

Flache Kopie:

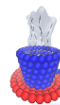
```
>>> merken = kaufen  
>>> del kaufen[-1]  
>>> print merken  
['Muesli', 'Sahne']
```

Subliste, echte Kopie:

```
>>> merken = kaufen[:]  
>>> del kaufen[-1]  
>>> print merken  
['Muesli', 'Sahne', 'Obst']
```

„=" macht in Python flache Kopien von Listen!

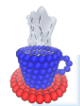
- Flache Kopien (shallow copies) *verweisen* auf dieselben Daten
- Änderungen an einer flachen Kopie betreffen auch das Original
- Sublisten sind echte Kopien (deep copies, weil alles kopiert wird)
- nur `kaufen[:]` ist eine echte Kopie von `kaufen`



## Tupel: unveränderbare Listen

```
>>> kaufen = "Muesli", "Kaese", "Milch"
>>> for f in kaufen: print f
Muesli
Kaese
Milch
>>> kaufen[1] = "Camembert"
TypeError: 'tuple' object does not support item assignment
>>> print k + ("Kaese", "Milch")
('Muesli', 'Kaese', 'Milch', 'Muesli', 'Kaese', 'Milch')
```

- komma-getrennt in runden Klammern
- Solange eindeutig, können die Klammern weggelassen werden
- können nicht verändert werden
- ansonsten wie Listen einsetzbar, aber schneller
- Zeichenketten sind Tupel von Zeichen



## Austauschen (Swappen) von Werten mit Tupeln

```
>>> A=1
>>> B=2
>>> A, B = B, A
>>> print A, B
2 1
```

So hingegen nicht:

```
>>> A = B
>>> B = A
>>> print A, B
1 1
```

- Listen und Tupel können *links* vom Gleichheitszeichen stehen
- Elemente werden der Reihe nach zugeordnet
- `A, B = B, A` tauscht also die Werte zweier Variablen aus (Tupelzuweisung!)



## Listen aus Listen erzeugen

```
>>> print [a**2 for a in [0,1,2,3,4]]  
[0, 1, 4, 9, 16]  
>>> print sum([a**2 for a in range(5)])  
30  
>>> print [a for a in range(10) if a % 2 == 1]  
[1, 3, 5, 7, 9]  
>>> print [(a,b) for a in range(3) for b in range(2)]  
[(0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1), (2, 0), (2, 1)]
```

- Listen können in neue Listen abgebildet werden
- Syntax: [ausdruck **for** variable **in** liste **if** bedingung]
  - ausdruck: beliebige Formel, die meist von variable abhängt
  - variable, liste: wie in einer for-Schleife
  - bedingung: welche Werte für variable zulässig sind
- mehrere **fors** können aufeinander folgen (rechteckiges Schema)



## Sortieralgorithmus 2: Quicksort

### Idee

- Teile und Herrsche (Divide & Conquer):  
Aufteilen in zwei kleinere Unterprobleme
- Liste ist fertig sortiert, falls  $N \leq 1$
- wähle *Pivot*- (Angel-) element  $p$
- erzeuge Listen  $K$  und  $G$  der Elemente kleiner/größer als  $p$
- sortiere die beiden Listen  $K$  und  $G$
- Ergebnis ist die Liste  $K \oplus \{p\} \oplus G$

### Effizienz

- im Schnitt  $\log_2 N$ -mal aufteilen, dabei  $N$  Elemente einordnen  
 $\implies$  Laufzeit  $\mathcal{O}(N \log N)$
- Aber im schlimmsten Fall  $N - 1 + N - 2 + \dots + 1 = \mathcal{O}(N^2)$

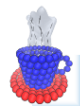


## Implementation

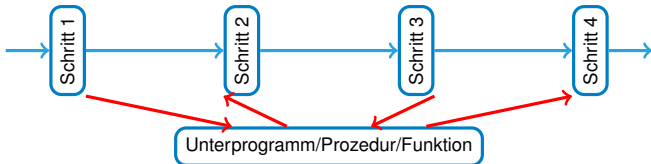
```
def sort(A):  
    print "sorting", A  
    if len(A) <= 1: return A  
    pivot = A[0]  
    smaller = [a for a in A[1:] if a < pivot]  
    larger = [a for a in A[1:] if a >= pivot]  
    print "smaller=", smaller, "pivot=", pivot, "larger=", larger  
    return sort(smaller) + [pivot] + sort(larger)  
A = [3,1,2,5,4,2,3,4,2]  
print sort(A)
```

Ausgabe:

```
sorting [3, 1, 2, 5, 4, 2, 3, 4, 2]  
smaller= [1, 2, 2, 2] pivot= 3 larger= [5, 4, 3, 4]  
sorting [1, 2, 2, 2]  
...
```



# Funktionen



- Funktionen (Unterprogramme, Prozeduren) unterbrechen die aktuelle Befehlskette und fahren an anderer Stelle fort
- Kehren an ihrem Ende wieder zur ursprünglichen Kette zurück
- Funktionen können selber wieder Funktionen aufrufen
- Vermeiden Code-Duplikation
  - kürzerer Code
  - besser wartbar, Fehler müssen nur einmal verbessert werden
- Sprechende Namen dokumentieren, was der Codeteil tun soll





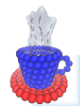
## Funktionen in Python

---

```
>>> def printPi():  
...     print "pi ist ungefaehr 3.14159"  
>>> printPi()  
pi ist ungefaehr 3.14159
```

```
>>> def printMax(a, b):  
...     if a > b: print a  
...     else:    print b  
>>> printMax(3, 2)  
3
```

- 
- eine Funktion kann beliebig viele Argumente haben
  - Argumente verhalten sich wie Variablen
  - Beim Aufruf bekommen die Argumentvariablen Werte in der Aufrufreihenfolge
  - Der Funktionskörper ist wieder ein Block

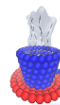


## Lokale Variablen

```
>>> def max(a, b):  
...     if a > b: maxVal=a  
...     else:    maxVal=b  
...     print maxVal  
>>> max(3, 2)  
3  
>>> print maxVal  
NameError: name 'maxVal' is not defined
```

- neue Variablen innerhalb einer Funktion sind *lokal*
- existieren nur während der Funktionsausführung
- globale Variablen können nur gelesen werden

```
>>> faktor=2  
>>> def strecken(a): print faktor*a  
>>> strecken(1.5)  
3.0
```



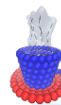
## Vorgabewerte und Argumente benennen

```
>>> def lj(r, epsilon = 1.0, sigma = 1.0):  
...     return 4*epsilon*( (sigma/r)**6 - (sigma/r)**12 )  
>>> print lj(2**(1./6.))  
1.0  
>>> print lj(2**(1./6.), 1, 1)  
1.0
```

- Argumentvariablen können mit Standardwerten vorbelegt werden
- diese müssen dann beim Aufruf nicht angegeben werden

```
>>> print lj(r = 1.0, sigma = 0.5)  
0.0615234375  
>>> print lj(epsilon=1.0, sigma = 1.0, r = 2.0)  
0.0615234375
```

- beim Aufruf können die Argumente auch explizit belegt werden
- dann ist die Reihenfolge egal



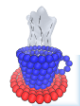
## return: eine Funktion beenden

```
>>> def max(a, b):  
...     if a > b: return a  
...     else:   return b  
>>> print max(3, 2)  
3  
>>> options, args = parser.parse_args()
```

- **return** beendet die Funktion sofort (vgl. **break**)
- eine Funktion kann einen Wert zurückliefern
- der Wert wird bei **return** spezifiziert

```
>>> def minmax(a, b): return max(a), min(a)  
>>> options, args = parser.parse_args()
```

- Der Rückgabewert kann auch ein Tupel sein  
⇒ mehrere Werte zurückgeben



## Dokumentation von Funktionen

---

```
def max(a, b):  
    "Gibt das Maximum von a und b aus."  
    if a > b: print a  
    else:     print b
```

```
def min(a, b):  
    """
```

Gibt das Minimum von a und b aus. Funktioniert  
ansonsten genau wie die Funktion max.

```
    """  
    if a < b: print a  
    else:     print b
```

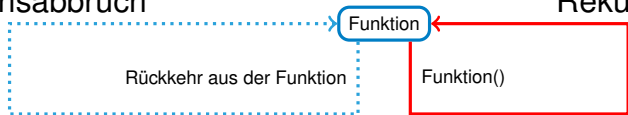
---

- Dokumentation optionale Zeichenkette vor dem Funktionskörper
- wird bei `help(funktion)` ausgegeben

# Rekursion

Eine Funktion, die sich selber aufruft, heißt **rekursiv**

Rekursionsabbruch



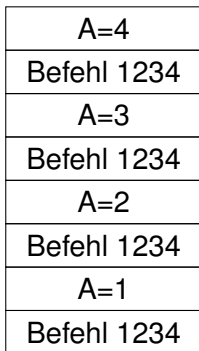
Rekursion

- viele Algorithmen lassen sich elegant als Rekursion formulieren (Quicksort!)
- Ablauf meist nicht einfach zu verstehen
- ob eine Rekursion endet, ist nicht immer offensichtlich
- benötigt stets Abbruchkriterium



## Funktionsaufrufe und Stack

- Wieso werden Funktionswerte bei Rekursion nicht überschrieben?
- Speicherung bei Funktionsaufruf auf dem **Stack**
- Eine Liste, bei der nur am Ende hinzugefügt (**push**) oder entfernt (**pop**) werden kann
- Jede Rekursion kann mit Hilfe eines Stacks in Schleifen übersetzt werden
- Rücksprungadresse auf dem Stack speichern
- So wird Rekursion in Computern tatsächlich umgesetzt





## Beispiel: Wörter zählen (dicts)

```
# count words in "gpl.txt"
count = {}
for line in open("gpl.txt"):
    # split into words at blanks
    text = line.split()
    for word in text:
        # normalize word
        word = word.strip(".,:;()\").lower()
        # account: if already known, increase count
        if word in count: count[word] += 1
        # other create counter
        else: count[word] = 1
# sort according to count and print 5 most used words
c_sorted = sorted(count, key=lambda word: count[word])
for word in reversed(c_sorted[-5:]):
    print "{:5s}: {:5d}".format(word, count[word])
```

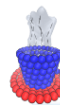




## Wörterbücher (dicts)

```
>>> de_en = { "Milch": "milk", "Mehl": "flour" }
>>> de_en["Eier"]="eggs"
>>> print de_en["Milch"]
milk
>>> if "Mehl" in de_en: print "I can translate \"Mehl\""
I can translate "Mehl"
```

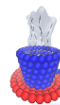
- Komma-getrennte Paare von Schlüsseln (Keys) und Werten in geschweiften Klammern
- Die Werte sind zu den Schlüsseln **assoziiert**
- Vergleiche Wörterbuch: Deutsch → Englisch
- Mit **in** kann nach Schlüsseln gesucht werden
- Gut für unstrukturierte Daten



## Wörterbücher (dicts)

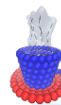
```
>>> for de in de_en: print de, "=>", de_en[de]
Mehl => flour
Eier => eggs
Milch => milk
>>> de_en["Mehl"] = "wheat flour"
>>> for de, en in de_en.iteritems(): print de, "=>", en
Mehl => wheat flour
Eier => eggs
Milch => milk
```

- Werte sind änderbar (siehe auch Zählprogramm)
- Indizierung über die Keys, nicht Listenindex o.ä.
- **for** iteriert auch über die Schlüssel
- Oder mit **iteritems** über Schlüssel-Wert-Tupel



## Stringmethoden

- Zeichenkette in Zeichenkette suchen  
"Hallo Welt".**find**("Welt") → 6  
"Hallo Welt".**find**("Mond") → -1
- Zeichenkette in Zeichenkette ersetzen  
"abcdabcabe".**replace**("abc", "123") → '123d123abe'
- Groß-/Kleinschreibung ändern  
"hallo".**capitalize**() → 'Hallo'  
"Hallo Welt".**upper**() → 'HALLO WELT'  
"Hallo Welt".**lower**() → 'hallo welt'
- in eine Liste zerlegen  
"1, 2, 3, 4".**split**(",") → ['1', ' 2', ' 3', ' 4']
- zuschneiden  
" Hallo ".**strip**() → 'Hallo'  
"..Hallo..".**rstrip**(".") → 'Hallo..'



## Sortieralgorithmus 3: Mergesort

### Idee

- Problem Quicksort: kurze Listen können passieren
- daher in zwei etwa gleich große Listen teilen
- Liste ist fertig sortiert, falls  $N \leq 1$
- sortiere die beiden Teillisten
- Verzahnen der beiden sortierten Listen
  - das kleinste Element steht am Anfang einer der beiden Listen
  - zur sortierten Gesamtliste zufügen
  - restliche Elemente analog

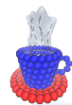
### Effizienz

- im Schnitt  $\log_2 N$ -mal aufteilen, dabei  $N$  Elemente einordnen  
⇒ Laufzeit stets  $\mathcal{O}(N \log N)$ , auch im schlimmsten Fall



## Implementation

```
def sort(A):
    if len(A) <= 1: return A
    center = len(A)/2
    left, right = sort(A[:center]), sort(A[center:])
    merged = []
    # Listen verzahnen
    while left and right:
        if left[0] < right[0]:
            merged.append(left[0])
            del left[0]
        else:
            merged.append(right[0])
            del right[0]
    # Reste einsammeln
    merged += left + right
    return merged
```



## Ein-/Ausgabe: Dateien in Python

```
input = open("in.txt")
output = open("out.txt", "w")
linenr = 0
while True:
    line = input.readline()
    if not line: break
    linenr += 1
    output.write("{}: {}\n".format(linenr, line))
output.close()
```

- Dateien sind mit `open(datei, mode)` erzeugte Objekte
- Nur beim Schließen (`close`) werden alle Daten geschrieben
- Mögliche Modi (Wert von `mode`):

r oder leer	lesen
w	schreiben, Datei zuvor leeren
a	schreiben, an existierende Datei anhängen



## Ein-/Ausgabe: Dateien in Python

---

```
input = open("in.txt")
output = open("out.txt", "w")
linenr = 0
while True:
    line = input.readline()
    if not line: break
    linenr += 1
    output.write("{}: {}\n".format(linenr, line))
output.close()
```

---

- `datei.read()`: Lesen der *gesamten* Datei als Zeichenke
- `datei.readline()`: Lesen einer Zeile als Zeichenkette
- Je nach Bedarf mittels `split`, `int` oder `float` verarbeiten



## Ein-/Ausgabe: Dateien in Python

---

```
input = open("in.txt")
output = open("out.txt", "w")
linenr = 0
while True:
    line = input.readline()
    if not line: break
    linenr += 1
    output.write("{}: {}\n".format(linenr, line))
output.close()
```

---

- `datei.write(data)`: *Zeichenkette* data zur Datei hinzufügen
- Anders als **print** *kein* automatisches Zeilenende
- Bei Bedarf Zeilenumbruch mit „\n“
- Daten, die keine Zeichenketten sind, mittels %-Operator oder `str` umwandeln





## Dateien als Sequenzen

---

```
input = open("in.txt")
output = open("out.txt", "w")
linenr = 0
for line in input:
    linenr += 1
    output.write(str(linenr) + ": " + line + "\n")
output.close()
```

---

- Alternative Implementation zum vorigen Beispiel
- Dateien verhalten sich in **for** wie Listen von Zeilen
- Einfache zeilenweise Verarbeitung
- Aber kein Elementzugriff usw.!
- **write**: alternative, umständlichere Ausgabe mittels **str**-Umwandlung



## Standarddateien

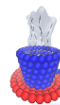
- wie in der bash gibt es auch Dateien für Standard-Eingabe, -Ausgabe und Fehler-Ausgabe
- Die Dateivariablen sind

<code>sys.stdin</code>	Eingabe (etwa Tastatur)
<code>sys.stdout</code>	Standard-Ausgabe
<code>sys.stderr</code>	Fehler-Ausgabe

```
import sys
line = sys.stdin.readline()
sys.stderr.write("don't know what to do with {}\n".format(line))
for i in range(10):
    sys.stdout.write("{} ".format(i))
sys.stdout.write("\n")
```

Ausgabe:

```
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
```



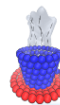
## Ein-/Ausgabe mittels `raw_input`

```
>>> passwd = raw_input("enter password to continue: ")
enter a password to continue: secret
>>> control = input("please repeat the password: ")
please repeat the password: passwd
>>> if passwd == control: print "both are the same!"
both are the same!
```

- Tastatureingaben können einfach über `raw_input` in eine Zeichenkette gelesen werden
- `input` wertet diese hingegen als Python-Ausdruck aus
- Dies ist eine potentielle Fehlerquelle:

```
>>> passwd = input("enter a password to continue: ")
enter a password to continue: secret
NameError: name 'secret' is not defined
```

- Eingaben über die Kommandozeile sind meist praktischer  
— oder wäre Dir ein `mv` lieber, das nach den Dateien fragt?



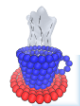
## Umlaute — Encoding-Cookie

```
#!/usr/bin/python
# encoding: utf-8
# Zufällige Konstante  $\alpha$ 
alpha = 0.5
#  $\alpha^2$  ausgeben
print "Mir dünkt, dass  $\alpha^2 = {:.g}$ ".format(alpha**2)
```

Ausgabe:

```
Mir dünkt, dass  $\alpha^2 = 0.25$ 
```

- Umlaute funktionieren bei Angabe der Codierung
- Muss in den ersten beiden Zeilen stehen
- Variablennamen trotzdem in ASCII!



## Module

```
>>> import sys
>>> print "program name is {}".format(sys.argv[0])
program name is ""
>>> from random import random
>>> print random()
0.296915031568
```

- Bis jetzt haben wir einen Teil der Basisfunktionalität von Python gesehen.
- Weitere Funktionen sind in **Module** ausgelagert
- Manche sind nicht Teil von Python und müssen erst nachinstalliert werden
- Die Benutzung eines installierten Moduls muss per **import** angekündigt werden („Modul laden“)
- Hilfe: `help(modul)`, alle Funktionen: `dir(modul)`



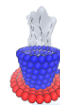
## Das sys-Modul

- Schon vorher für Eingaben benutzt
- Stellt Informationen über Python und das laufende Programm selber zur Verfügung
- `sys.argv`: Kommandozeilenparameter, `sys.argv[0]` ist der Programmname
- `sys.stdin`,  
`sys.stdout`,  
`sys.stderr`: Standard-Ein-/Ausgabedateien

---

```
import sys  
sys.stdout.write("running {}\n".format(sys.argv[0]))  
line = sys.stdin.readline()  
sys.stderr.write("some error message\n")
```

---



## optparse-Modul: Parameter einlesen

```
from optparse import OptionParser
parser = OptionParser()
parser.add_option("-f", "--file", dest="filename",
                  help="Ausgabe in FILE", metavar="FILE")

options, args = parser.parse_args()
```

- optparse liest Kommandozeilenflags
- add\_option spezifiziert eine Option zum Beispiel mit
  - kurzer und langer Form des Namens („-f“, „--file“)
  - einer Zielvariablen für den vom Benutzer gegebenen Wert
  - einem zugehörigen Hilfetext
  - einem bestimmten Datentyp (type="int")
- Bei Aufruf python parse.py -f test a b c ist:
  - options ein Objekt mit options.filename = 'test'
  - args = ['a', 'b', 'c']



## argparse-Modul: Parameter in Python 2.7

```
from argparse import ArgumentParser
parser = ArgumentParser()
parser.add_argument("-f", "--file", dest="filename",
                    help="write to FILE", metavar="FILE")
parser.add_argument("positional", help="fixed argument")
parser.add_argument("number", type=int, help="integer arg")
args = parser.parse_args()
```

- Ab Python 2.7: verbessertes Modul argparse
- `add_argument` unterstützt auch positionale Argumente, die ohne Optionsmarker auf der Kommandozeile stehen
- Fehler bei falschem Typ oder fehlenden Parametern
- Bei Aufruf `python parse.py -f test a 1` ist:
  - `args.filename = 'test'`
  - `args.positional = 'a'`
  - `args.number = 1`





## math- und random-Modul

```
import math
import random
def boxmuller():
    """
    calculate Gaussian random numbers using the
    Box-Muller transform
    """
    r1, r2 = random.random(), random.random()
    return math.sqrt(-2*math.log(r1))*math.cos(2*math.pi*r2)
```

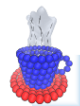
- math stellt viele mathematische Grundfunktionen zur Verfügung, z.B. **floor/ceil**, **exp/log**, **sin/cos**, **pi**
- random erzeugt *pseudozufällige* Zahlen
  - **random()**: gleichverteilt in  $[0,1)$
  - **randint**(a, b): gleichverteilt ganze Zahlen in  $[a, b]$
  - **gauss**(m, s): normalverteilt mit Mittelwert  $m$  und Varianz  $s$



## os-Modul: Betriebssystemfunktionen

```
import os
import os.path
dir = os.path.dirname(file)
name = os.path.basename(file)
altdir = os.path.join(dir, "alt")
if not os.path.isdir(altdir):
    os.mkdir(altdir)
newpath = os.path.join(altdir, name)
if not os.path.exists(newpath):
    os.rename(file, newpath)
```

- betriebssystemunabhängige Pfadtools im Untermodul `os.path`: z.B. `dirname`, `basename`, `join`, `exists`, `isdir`
- `os.system`: Programme wie von der Shell aufrufen
- `os.rename/os.remove`: Dateien umbenennen / löschen
- `os.mkdir/os.rmdir`: erzeugen / entfernen von Verzeichnissen



## GUI: das Tkinter-Modul

```
import Tkinter
```

```
# main window and connection to Tk
```

```
root = Tkinter.Tk()
```

```
root.title("test program")
```

```
# a simple button, ending the program
```

```
end = Tkinter.Button(root, text = "Quit",  
                     command = root.quit)
```

```
end.pack({"side": "bottom"})
```

```
root.mainloop()
```

- bietet Knöpfe, Textfenster, Menüs, einfache Graphik usw.
- mit `Tk.mainloop` geht die Kontrolle an das Tk-Toolkit
- danach eventgesteuertes Programm (Eingaben, Timer)
- lehnt sich eng an Tcl/Tk an (<http://www.tcl.tk>)