Zwei Arten von Attributen

- Die Daten, die von einem Objekt gespeichert werden und keine Methoden sind, heißen Attribute. Es gibt zwei Arten:
  - Instanzattribute (= Instanzvariablen):
    Variable, die einer bestimmten Instanz einer Klasse gehört. Jede Instanz kann ihren eigenen Wert für diese Variable haben. Dies ist die gebräuchlichste Art von Attributen.
  - Class attributes (=Klassenvariablen):
    Gehört einer Klasse.
    Für alle Instanzen dieser Klasse hat dieses Attribut den gleichen Wert.
    In manchen Programmiersprachen als "*static*" bezeichnet.
    Nützlich für Konstanten oder als Counter für die Anzahl der Instanzen, die bereits erstellt wurden.

Klassenvariablen

- Bisher: Variablen waren Instanzvariablen, d.h., jede Instanz hat eigene "Kopie"
- Klassenvariable := Variablen, die innerhalb der Klasse genau 1x existieren
  - Alle Instanzen einer Klasse haben eine Referenz auf das gemeinsame Klassenattribut,
  - wenn eine Instanz es verändert, so wird der Wert für alle Instanzen verändert.
- In Python: definiere Klassenvariable außerhalb einer Methode
- Notation zum Zugriff: `self.__class__.name`

```
class sample:                       >>> a = sample()
    x = 23                          >>> a.increment()
    def increment(self):            >>> a.__class__.x
        self.__class__.x += 1       24
```

Introspektion

- Was tun, wenn Sie den Namen des Attributs oder der Methode einer Klasse nicht kennen, aber trotzdem auf das Element zur Laufzeit zugreifen wollen…
- Lösung: Introspektion
  - Methoden, um alle Attribute (Inst.vars und Methoden) einer Klasse aufzulisten
  - Zu einer Zeichenkette, die den Namen des Attributs oder der Methode beinhaltet, eine Referenz zu bekommen (die man verwenden kann)
  - Theoretisch: man könnte sogar zur Laufzeit Methoden hinzufügen
- Im folgenden nur 2 (von vielen!) Möglicheiten der Introspektion

getattr(object_instance, string)

```
>>> f = student("Bob Smith", 23)

>>> getattr(f, "full_name")
"Bob Smith"

>>> getattr(f, "get_age")
 <method get_age of class studentClass at 010B3C2>

>>> getattr(f, "get_age")()    #Das können wir aufrufen.
23

>>> getattr(f, "get_birthday")
      # Verursacht AttributeError - No method exists.
```

```
class student(object):
    def __init__( self,
                  name = "",
                  age = 0 ):
        self.name = name
        self.age = age
```

hasattr(object_instance, string)

```
>>> f = student("Bob Smith", 23)

>>> hasattr(f, "full_name")
True

>>> hasattr(f, "get_age")
True

>>> hasattr(f, "get_birthday")
False
```


Identitätsfindung

- Ein Objekt hat mehrere "Identitäten"
- Gleichheit mit anderen Objekten: `x == y`
  - Liefert True oder False (kann in der Klasse umdefiniert werden!)
  - Überprüft Inhalt (= Instanzvariable) auf Gleichheit
- Eindeutige ID: `id(x)`
  - Liefert eine eindeutige Zahl für jedes Objekt zu einem best. Zeitpunkt
- "*is a*"-Beziehung ("Instanz von")

```
isinstance( x, (ClassName1, ClassName2, …) )
```

  - Liefert True oder False (liefert True auch, falls x Instanz einer Unterklasse)

Anwendungsbeispiel

- z.B. um verschiedene Aktionen innerhalb einer Methode durchzuführen, abhängig vom Typ des tatsächlichen Parameters

```
class MyClass( object ):
    def __init__( self, other ):
        if isinstance( other, MyClass ):
            ...                         # make a copy
        elsif isinstance( other, (int, float) ):
            inst_var = other            # create inst.var
        else:
            inst_var = 0                # default
```


Kein Bedarf für Freigaben

- Objekte braucht man nicht zu löschen oder freizugeben
- Python hat eine automatische *Garbage Collection* (Speicherbereinigung)
- Funktioniert mit *Reference Counting* (im 2. Semester mehr)
- Python ermittelt automatisch, wann alle Referenzen auf ein Objekt verschwunden sind und gibt dann diesen Speicherbereich frei
- Funktioniert im Allgemeinen gut, wenige memory leaks

Dokumentation

- Häufige Haltung: Source-Code sei die beste Dokumentation
  - "UTSL" ("use the source, luke")
- Aber:
  - ist viel zu umfangreich für einen schnellen Überblick
  - unterstützt das Navigieren zu gesuchten Informationen nur wenig
  - gibt keine Auskunft, welche Annahmen / Voraussetzungen einzelne Systemteile über das Verhalten anderer Teile machen (Schnittstellen)
  - gibt keine Auskunft, warum gerade diese Lösung gewählt wurde (warnt also nicht vor subtilen Fallen)
  - ...
- Deswegen: Korrekte (d.h. auch aktuelle) und hilfreiche Dokumentation ist extrem wichtig für die Entwicklung und Wartung eines Programms!

In Python integrierte Dokumentation

- In Python ist Doku fester Bestandteil der Sprache!
  - Geht noch weiter als in Java

```
def f():
    """
    blub
    bla
    """
    ...

help(f)
```

Ausgabe

```
Help on function f in module __main__:

f()
    blub
    bla
```

- Diese Kommentare heißen *Docstrings* in Python

Vollständige Boilerplate für Docstrings

```
"""
Documentation for this module.

More details.
"""

def func():
    """ Documentation for a function.

        More details.
    """
    . . .

class MyClass:
    """ Documentation for a class.

        More details.
    """

    def __init__(self):
        """ Docu for the constructor. """
        . . .

    def method(self):
        """ Documentation for a method. """
        . . .
```


Automatische Generierung aus Source

- In allen Sprachen kann die Dokumentation zum großen Teil als Kommentar in den Source eingebettet werden
- Tools (wie z.B. Doxygen www.doxygen.org) erzeugen daraus automatisch sehr ansprechende und effiziente HTML-Seiten (oder LaTeX, oder …)
  - Einzige Bedingung: Markup der Doku durch sog. *Tags*
- Vorteile:
  - Hoher Automatisierungsgrad (also Arbeitsersparnis)
  - durch enge Kopplung an Implementierung leichter aktuell zu halten als separate Dokumente
  - Sowohl interne (Developer-) als auch externe (API-) Doku kann aus demselben Source generiert werden

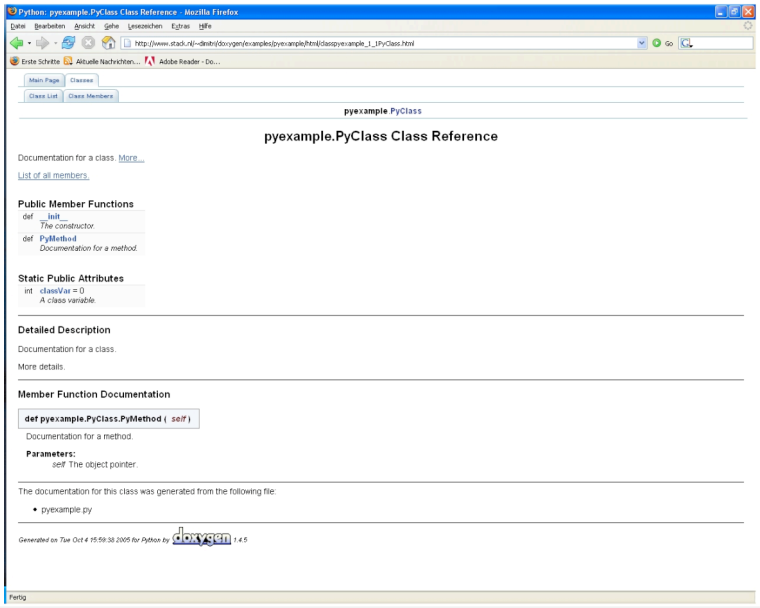
Boilerplate für Dokumentation einer Funktion

```
def func( a ):
    """!  @brief Einzeilige Beschreibung

          @param param1       Beschreibung von param1
          @param param2       Beschreibung von param2

          @return
            Beschreibung des Return-Wertes.

          Detaillierte Beschreibung ...

          @pre
            Annahmnen, die die Funktion macht...
            Dinge, Aufrufer unbedingt beachten muss...

          @todo
            Was noch getan werden muss

          @bug
            Bekannte Bugs dieser Funktion

          @see
            andere Methoden / Klassen
     """
```


Dokumentation von Klassen, Moduln, ...

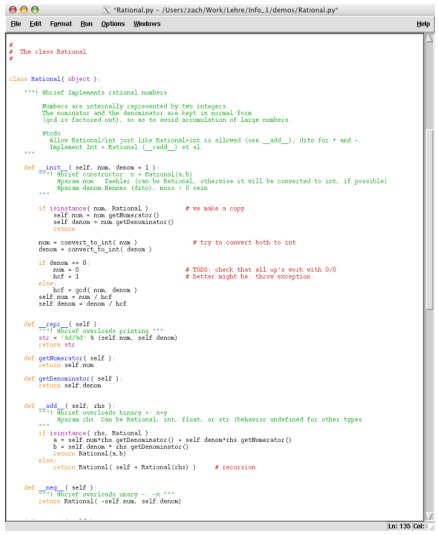
```
"""! @brief Documentation for a module.

     More details.
"""

def func():
    """! @brief Blub """
    . . .

class MyClass:
    """! @brief Class Blub …
    """

    def __init__(self):
        """! @brief the constructor """
        . . .

    def method( self, p1 ):
        """! @brief Documentation for a method
             @param p1   blubber
        """
        . . .

    ## A class variable.
    classVar = 0;

    ## @var _memVar
    #  a member variable
```

Doxygen-Dokumentation als HTML



Interaktives Beispiel: Rationale Zahlen

- Ziel: Neue Klasse (= Typ) **`Rational`** mit allen Operatoren



Unbehandelte Features

- Vererbung, Unterklassen,
- Exceptions
- Lambda-Funktionen
- Compilieren von Code zur Laufzeit durch das Programm selbst
- Embedding
- ...