

Informatik I: Einführung in die Programmierung

18. Objekt-orientierte Programmierung: Aggregation, Properties, Operator-Überladung und magische Klassen

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Bernhard Nebel
12. Dezember 2017

1 Aggregation



Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

12. Dezember 2017

B. Nebel – Info I

3 / 49

Zusammengesetzte Objekte



Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

- Oft sind Objekte aus anderen Objekten **zusammengesetzt**.
- Methodenaufrufe an ein Objekt führen dann zu Methoden-Aufrufen der eingebetteten Objekt.
- Beispiel ein zusammengesetztes 2D-Objekt, das andere 2D-Objekte enthält, z.B. einen Kreis und ein Rechteck.

12. Dezember 2017

B. Nebel – Info I

4 / 49

Die CompositeObject-Klasse (1)



Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

- Jede Instanz ist ein **2D-Objekt** und hat eine Position (Ankerpunkt).
- Zusätzlich hat jede Instanz als Attribut eine **Liste** von 2D-Objekten.

`newgeoclasses.py (1)`

```
class CompositeObject(TwoDObject):  
    def __init__(self, x=0, y=0, objs=()):  
        super().__init__(x, y)  
        self.objects = list(objs)  
  
    def add(self, obj):  
        self.objects.append(obj)  
  
    def rem(self, obj):  
        self.objects.remove(obj)  
  
    ...
```

12. Dezember 2017

B. Nebel – Info I

5 / 49

Zugriff auf Attribute kontrollieren: Setters und Getters



- Häufig möchte man nach außen sichtbare Attribute „kontrollieren“, d.h. beim Setzen oder Abfragen bestimmte Dinge anstoßen.
- In *Java* deklariert man dazu (alle) Attribute als *private* und schreibt dann **Getter**- und **Setter**-Methoden. Damit kann man *nie* direkt auf die Attribute zugreifen.
- In *Python* sind Attribute im wesentlichen *public*. Wenn man später einmal Attribute „verstecken“ möchte, dann gibt es die **Properties**.
- Beispiel: Wir wollen die Positionsattribute verstecken, da wir bei einer Neuzuweisung in einem *CompositeObject* alle Objekte entsprechend verschieben wollen.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

Die Basis-Klasse wird um Properties erweitert



```
properties.py (1)
class TwoDObject:
    def __init__(self, x=0, y=0):
        self._x = x
        self._y = y
        TwoDObject.counter +=1
    ...
    def setX(self, x):
        print("setX TD0:",x) # Debug-Ausgabe
        self._x = x

    def getX(self):
        return self._x

    x = property(getX, setX)
    ... # und für y
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

Properties – Was passiert?



- `getX` und `setX` sind zwei völlig normale Methoden.
- Die Zuweisung `x = property(getX, setX)` bewirkt, dass `x` ein Attribut wird, wobei bei **lesendem Zugriff** `getX` und bei **schreibendem Zugriff** `setX` aufgerufen wird (bei der Angabe von `None` ist der entsprechende Zugriff nicht möglich).

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

Python-Interpreter

```
>>> t = TwoDObject(10,20)
>>> t.x
10
>>> t.x = 33
setX TD0: 33
>>> t._x
33
```

Property überschreiben



- Jetzt wollen wir die Properties `x` und `y` in *CompositeObject* überschreiben (etwas umständlich).

```
properties.py
class CompositeObject(TwoDObject):
    ...
    def setX(self, newx):
        print("setX CO:", newx)
        for obj in self.objects:
            obj.x += (newx - self._x) # verschiebe
        self._x = newx

    # Ggfs. getX noch einmal definieren
    x=property(TwoDObject.getX,setX) # neue Property
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

Was passiert?

Python-Interpreter

```
>>> c = Circle(31,32); r = Rectangle(40,40)
>>> a = CompositeObject(30,30,(r,c))
>>> b = CompositeObject(0,0)
>>> a.add(b)
>>> print(a.position(), b.position(), c.position(),
r.position())
(30, 30) (0, 0) (31, 32) (40, 40)
>>> a.x = 100
setX CO: 100
setX TDO: 110
setX TDO: 101
setX CO: 70
>>> print(a.position(), b.position(), c.position(),
r.position())
(100, 30) (70, 0) (101, 32) (110,40)
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

3 Operator-Überladung

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

Operator-Überladung

- Man sagt, ein **Operator** sei **überladen** (operator overloading), wenn dieser Operator je nach Kontext etwas anderes bedeutet (und macht).
- Die arithmetischen Operatoren sind traditionell in allen Programmiersprachen überladen. Sie funktionieren für alle numerischen Typen.
- In Python ist außerdem „+“ und „*“ für Strings überladen.
- Interessant wird es, wenn der Programmierer selbst überladen darf!
- Die magische Methode `__add__` wird immer dann aufgerufen, wenn der „+“-Operator dort steht.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

Eine Addition für 2D-Objekte: Rechtecke

overloading.py (1)

```
class Rectangle(TwoDObject):
    ...
    def __add__(self, other):
        return(Rectangle(self.x+other.x, self.y+other.y,
            self._height+other._height,
            self._width+other._width))
```

- Was fehlt hier?
- Was passiert, wenn other kein Rectangle ist?

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

Eine Addition für 2D-Objekte: Rechtecke



overloading.py

```
class Rectangle(TwoDObject):
    ...
    def __add__(self, other):
        if isinstance(other, Rectangle):
            return Rectangle(self.x + other.x, self.y + other.y,
                             self._height + other._height,
                             self._width + other._width)
        else:
            raise TypeError("Cannot add Rectangle to " +
                              str(other.__class__.__name__))
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

- Entweder nach oben delegieren oder einen Typfehler erzeugen.

Eine Addition für 2D-Objekte: Quadrate



overloading.py

```
class Square(Rectangle):
    ...
    def __add__(self, other):
        if isinstance(other, Square):
            return Square(self.x+other.x, self.y+other.y,
                          self._height+other._height)
        else:
            return(super().__add__(other))
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

- Hier können wir, falls es keine zwei Quadrate sind, alles nach oben delegieren.

Drucken der 2D-Objekte



- Wenn man Instanzen oder Klassen versucht zu drucken, so sieht das ziemlich hässlich aus:

Python-Interpreter

```
>>> c = Circle(1,2); c
<__main__.Circle object at 0x103dc8d90>
```

- Es gibt zwei magische Methoden `__repr__` und `__str__`, mit denen die Ausgabe gesteuert werden kann.
- `__repr__` soll eine eindeutige, maschinenverstehbare Form erzeugen – bei der String-Interpolation durch `%r` oder mit Hilfe der Funktion `repr()` (möglichst einen String, der von `eval` verstanden wird).
- `__str__` ist fürs „schöne“ Ausdrucken zuständig – bei der String-Interpolation durch `%s` oder mit Hilfe der Funktion `str()`. Wenn `__str__` nicht definiert ist, wird `__repr__` benutzt.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

repr() und str() bzw. %r und %s



Python-Interpreter

```
>>> print('%r %s' % (42,42))
42 42
>>> print('%r %s' % ([1, 2], [1, 2]))
[1, 2] [1, 2]
>>> s = "Don't mention the war"
>>> print('%r, %s' % (s, s))
"Don't mention the war", Don't mention the war
>>> import datetime
>>> d = datetime.datetime.now()
>>> print('%r\n%s' % (d, d))
datetime.datetime(2016, 12, 12, 14, 21, 29, 424061)
2016-12-12 14:21:34.424061
>>> print(eval(repr(d)))
2016-12-12 14:21:34.424061
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

Drucken von Circle- und CompositeObject-Instanzen



overloading.py (2)

```
class Circle(TwoDObject):
    ...
    def __repr__(self):
        return("Circle(x=%s, y=%s, radius=%s)" %
              (self.x, self.y, self.radius))

class CompositeObject(TwoDObject):
    ...
    def __repr__(self):
        str = ("CompositeObject(x=%s, y=%s, objs=(" %
              (self.x, self.y))
        for obj in self.objects:
            str = str + "%s, " % repr(obj)
        return(str + ")")
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

Wie sieht ein Kreis aus?



Python-Interpreter

```
>>> c1 = Circle(1, 1, 1)
>>> r1 = Rectangle( 30, 40, 50)
>>> s1 = Square(2, 2, 10)
>>> a = CompositeObject(55,55,(c1,r1,s1))
>>> print(c1)
Circle(x=1, y=1, radius=1)
>>> print(a)
CompositeObject(x=55, y=55, objs=(Circle(x=1, y=1,
radius=1), Rectangle(x=30, y=40, height=50, width=1),
Square(x=2, y=2, side=10), ))
>>> print(eval(repr(a)))
CompositeObject(x=55, y=55, objs=(Circle(x=1, y=1,
radius=1), Rectangle(x=30, y=40, height=50, width=1),
Square(x=2, y=2, side=10), ))
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

4 Der Zoo der magischen Methoden



- Allgemeine magische Methoden
- Numerische magische Methoden
- Magische Container-Methoden

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Magische Methoden



- Methoden wie `__init__`, deren Namen mit zwei Unterstrichen beginnen und enden, bezeichnet man als *magisch*.
- Daneben gibt es noch eine Vielzahl an weiteren magischen Methoden, die z.B. verwendet werden, um Operatoren wie `+` und `%` für eigene Klassen zu definieren.
- Magische Methoden wie `__add__` sind nicht prinzipiell anders als andere Methoden; der Grund dafür, warum man beispielsweise mit `__add__` das Verhalten der Addition beeinflussen kann, liegt einfach darin, dass Python intern versucht, beim Addieren die Methode `__add__` aufzurufen.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Wir können uns nicht alle magischen Methoden im Detail anschauen, aber zumindest sollten wir einen guten Überblick bekommen können.

Es gibt drei Arten von magischen Methoden:

- Allgemeine Methoden: verantwortlich für Objekterzeugung, Ausgabe und ähnliche grundlegende Dinge.
- Numerische Methoden: verantwortlich für Addition, Bitshift und ähnliches
- Container-Methoden: verantwortlich für Indexzugriff, Slicing und ähnliches

- Aggregation
- Properties
- Operator-Überladung
- Der Zoo der magischen Methoden
- Allgemeine magische Methoden
- Numerische magische Methoden
- Magische Container-Methoden
- Zusammenfassung

Die allgemeinen magischen Methoden werden weiter unterteilt:

- Konstruktion und Destruktion: `__init__`, `__new__`, `__del__`
- Vergleich und Hashing: `__eq__`, `__ne__`, `__ge__`, `__gt__`, `__le__`, `__lt__`, `__hash__`, `__bool__`
- String-Konversion: `__str__`, `__repr__`, `__format__`
- Verwendung einer Instanz als Funktion: `__call__`
- Attributzugriff: `__getattr__`, `__setattr__`, `__delattr__`
- Magische Attribute: `__dict__` (das dict der Attributnamen) und `__slots__` (um Attribute zu beschränken)

- Aggregation
- Properties
- Operator-Überladung
- Der Zoo der magischen Methoden
- Allgemeine magische Methoden
- Numerische magische Methoden
- Magische Container-Methoden
- Zusammenfassung

- `__init__` haben wir bereits behandelt.
- `__new__` ist im Wesentlichen für fortgeschrittene Anwendungen mit Nicht-Python-Klassen interessant und wird von uns übergangen.
- `__del__` wird aufgerufen, wenn das Objekt aus dem Speicher gelöscht wird, weil es über keinen Namen mehr erreichbar ist: Destruktor. Sollte aber nicht benutzt werden, um ein Objekt auf der Programmierungsebene „abzumelden“ (z.B. Konto schließen), da nicht direkt vorhersehbar ist, wann `__del__` aufgerufen wird.

- Aggregation
- Properties
- Operator-Überladung
- Der Zoo der magischen Methoden
- Allgemeine magische Methoden
- Numerische magische Methoden
- Magische Container-Methoden
- Zusammenfassung

- `obj.__eq__(other)`:
Wird bei Tests `obj == other` aufgerufen. Damit könnten wir Gleichheit von 2D-Objekten implementieren!
- `obj.__ne__(other)`:
Wird bei Tests `obj != other` aufgerufen.
- Definiert man diese Methoden nicht, werden Objekte nur auf Identität verglichen, d.h. `x == y` gdw. `x is y`.
- Aufruf von `!=` gibt automatisch das Gegenteil vom Aufruf von `==` zurück, außer wenn `==` mit `NotImplemented` antwortet. Es reicht also, `obj.__eq__(other)` zu implementieren.

- Aggregation
- Properties
- Operator-Überladung
- Der Zoo der magischen Methoden
- Allgemeine magische Methoden
- Numerische magische Methoden
- Magische Container-Methoden
- Zusammenfassung

Gleichheit bei geometrischen Objekten



Equality

```
class TwoDObject():
    ...
    def __eq__(self, other):
        return(isinstance(other, TwoDObject) and
               self.x == other.x and self.y == other.y)

class Circle(TwoDObject):
    ...
    def __eq__(self, other):
        return(isinstance(other, Circle) and
               self.radius == other.radius and
               self.x == other.x and self.y == other.y)

class CompositeObject(TwoDObject):
    ...
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Vergleich und Hashing: `__ge__`, `__gt__`, `__le__`, `__lt__`



- `obj.__ge__(other)`:
Wird bei Tests `obj >= other` aufgerufen.
Bei Tests `other <= obj` wird die Methode ebenfalls verwendet, falls `other` über keine `__le__`-Methode verfügt.
- `obj.__gt__(other)`, `obj.__le__(other)`,
`obj.__lt__(other)`:
Wird analog für die Vergleiche `obj > other` bzw. `obj <= other` bzw. `obj < other` aufgerufen.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Vergleich und Hashing: `__hash__`



- `obj.__hash__(self)`:
Liefert einen Hashwert für `obj` bei Verwendung in einem Dictionary. Wird von der Builtin-Funktion `hash` verwendet.
- Damit Hashing funktioniert, muss immer gelten:

$$x == y \implies \text{hash}(x) == \text{hash}(y).$$

Daher muss man in der Regel auch `__eq__` implementieren, wenn man `__hash__` implementiert.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Vergleich und Hashing: `__bool__`



- `obj.__bool__(self)`:
Wird von `bool(obj)` und damit auch bei `if obj:` und `while obj:` aufgerufen. Sollte `True` zurückliefern, wenn das Objekt als ‚wahr‘ einzustufen ist, sonst `False`.
- Ist diese Methode nicht implementiert, dafür aber das später diskutierte `__len__`, dann wird genau dann `True` geliefert, wenn `__len__` einen von 0 verschiedenen Wert liefert.
- Ist weder diese Methode noch `__len__` implementiert, gilt das Objekt immer als wahr.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

String-Konversion: `__str__` und `__repr__`



- `obj.__str__(self)`:
Wird aufgerufen, um eine String-Darstellung von `obj` zu bekommen, z.B. bei `print(obj)`, `str(obj)` und `"%s" % obj`.
`__str__` sollte eine menschenlesbare Darstellung erzeugen.
- `obj.__repr__(self)`:
Wird aufgerufen, um eine String-Darstellung von `obj` zu bekommen, z.B. bei Angabe von `obj` im interaktiven Interpreter sowie bei `repr(obj)` und `"%r" % obj`.
`__repr__` sollte eine möglichst exakte (für Computer geeignete) Darstellung erzeugen, idealerweise eine, die korrekte Python-Syntax wäre, um dieses Objekt zu erzeugen.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Attributzugriff: `__getattr__`, `__getattribute__` und `__setattr__`



- `obj.__getattr__(name)`:
Wird aufgerufen, wenn für `obj.name` kein Attribut gefunden wird. Soll entweder einen Wert liefern oder einen `AttributeError` erzeugen.
- `obj.__getattribute__(name)`:
Wird bei *jedem* lesenden Zugriff auf `obj.name` aufgerufen. Falls in einer Klasse definiert, wird `__getattr__` ignoriert, außer es wird ein `AttributeError` erzeugt. **Wichtig:** Um innerhalb der Methode auf den Wert zuzugreifen, muss man die `__getattribute__`-Methode der Superklasse aufrufen.
- `obj.__setattr__(name, value)`:
Wird bei *jedem* schreibenden Zugriff auf `obj.name` aufgerufen. Das bei `__getattribute__` gesagte gilt entsprechend.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Attribut-Fehler abfangen



Missing Attributes

```
class TwoDObject():
    def __init__(self, x=0, y=0):
        self.x = x
        self.y = y

    def __getattr__(self, attr):
        return None

d = TwoDObject()
print(d.x, d.y, d.z) # prints: 0 0 None
print(d.__dict__)  # prints {'x': 0, 'y': 0}
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Attribut-Zugriffe kontrollieren



Controlling attribute access

```
class TwoDObject():
    def __init__(self, x=0, y=0):
        super().__setattr__("__x", x)
        super().__setattr__("__y", y)

    def __getattribute__(self, attr):
        return super().__getattribute__("__" + attr)

    def __setattr__(self, attr, value):
        if attr == 'x' or attr == 'y': raise AttributeError
        else: super().__setattr__("__" + attr, value)
```

```
d = TwoDObject()
print(d.x, d.y) # prints: 0 0
d.z = 2
print(d.z)     # prints: 2
d.__dict__     # leads to exception AttributeError
d.__dict__     # leads also to exception AttributeError
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

- Bei Operatoren wie +, *, - oder / verhält sich Python wie folgt (am Beispiel +):
- Zunächst wird versucht, die Methode `__add__` des linken Operanden mit dem rechten Operanden als Argument aufzurufen.
- Wenn `__add__` mit dem Typ des rechten Operanden nichts anfangen kann, kann sie die spezielle Konstante `NotImplemented` zurückliefern. Dann wird versucht, die Methode `__radd__` des rechten Operanden mit dem linken Operanden als Argument aufzurufen.
- Wenn dies auch nicht funktioniert, schlägt die Operation fehl.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Hier sehen wir die Zuordnung zwischen den Grundrechenarten und den Namen der zugehörigen magischen Methoden:

- +: `__add__` und `__radd__`
- -: `__sub__` und `__rsub__`
- *: `__mul__` und `__rmul__`
- /: `__truediv__` und `__rtruediv__`
- //: `__floordiv__` und `__rfloordiv__`
- %: `__mod__` und `__rmod__`
- unäres -: `__neg__` (-obj entspricht `obj.__neg__(self)`).

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Hier das gleiche für die Booleschen Operatoren:

- &: `__and__` und `__rand__`
- |: `__or__` und `__ror__`
- ^: `__xor__` und `__rxor__`
- «: `__lshift__` und `__rlshift__`
- »: `__rshift__` und `__rrshift__`
- ~ (unär): `__invert__`

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

- Bei Klassen, deren Instanzen veränderlich sein sollen, wird man in der Regel zusätzlich zu Operatoren wie + auch Operatoren wie += unterstützen wollen.
- Dazu gibt es zu jeder magischen Methode für binäre Operatoren wie `__add__` auch eine magische Methode wie `__iadd__`, die das Objekt selbst modifizieren und `self` zurückliefern sollte. (Der Rückgabewert ist wichtig; die Gründe dafür sind etwas technisch.)
- Implementiert man `__add__`, aber nicht `__iadd__`, dann ist `x += y` äquivalent zu `x = x + y`.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Mit den Container-Methoden kann man Klassen implementieren, die sich wie `list` oder `dict` verhalten.

Die Container-Methoden im Einzelnen:

- `obj.__len__(self)`:
Wird von `len(obj)` aufgerufen.
- `obj.__contains__(item)`:
Wird von `item in obj` aufgerufen.
- `obj.__iter__(self)`:
Wird von `for x in obj` aufgerufen.
Ferner für Zugriffe mit der eckigen Klammer
- `obj.__getitem__(key)`,
`obj.__setitem__(key, value)`:
Wird aufgerufen wenn mit `obj[key]` zugegriffen wird.
- `obj.__delitem__(key)`:
Wir beim Löschen des Items aufgerufen.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Container methods

```
class CompositeObject():
    ...
    def __len__(self):
        return len(self.objects)

    def __contains__(self, item):
        for obj in self.objects:
            if obj == item:
                return True
        return False

    def __iter__(self):
        return iter(self.objects) # new function: iter()!
```

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Allgemeine magische Methoden
Numerische magische Methoden
Magische Container-Methoden
Zusammenfassung

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung

- **Aggregation** ist eine weitere Strukturierungsmaßnahme im OOP
- **Properties** erlauben es, Attributezugriffe doch über Getter und Setter abzuwickeln (aber nur wenn nötig!).
- **Operator-Überladung** erlaubt es die anzuwendende Operation anhand des Typs der Operanden zu entscheiden.
- Dafür können in Python die **magischen Methoden** eingesetzt werden.
- Tatsächlich erlauben diese uns, ganz neue Datentypen zu kreieren.

Aggregation
Properties
Operator-Überladung
Der Zoo der magischen Methoden
Zusammenfassung