Informatik I: Einführung in die Programmierung

12. Objekt-orientierte Programmierung: Einstieg und ein bisschen GUI

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Prof. Dr. Peter Thiemann

5. Dezember 2023

1 Motivation

- Was ist OOP?
- Welche Konzepte sind wichtig?

Motivation
Was ist OOP?
Welche Konzepte sind wichtig?
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammen-fassung

Was ist Objekt-orientierte Programmierung (OOP)?

- OOP ist ein Programmierparadigma (Programmierstil).
- Eine Art und Weise an ein Problem zu modellieren und zu programmieren.
- Bisher: Prozedurale Programmierung
  - Zerlegung des Problems in Datenstrukturen und Funktionen.
  - Zustand global in Datenstrukturen manifestiert.
  - Funktionen operieren direkt auf dem Zustand.
- Objektorientierung
  - Beschreibung eines Problems anhand kooperierender Objekte.
  - Zustand des Programms fragmentiert in den Objekten gespeichert.
  - Objekt = Zustand + Operationen darauf.

Motivation
Was ist OOP?
Welche Konzepte sind wichtig?
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Objekte (im OOP-Sinne)

Motivation
Was ist OOP?
Welche Konzepte sind wichtig?
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

- Objekte gibt es im realen Leben überall!
- Objekte haben
  - in der realen Welt: Zustand und Verhalten
  - in OOP modelliert durch: Attributwerte bzw. Methoden

Motivation
Was ist OOP?
Welche Konzepte sind wichtig?
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammen-fassung

Zustand eines Objekts: Attributwerte

Beispiel: Der *Stand* eines Kontos wird im Attribut `balance` als Zahl gespeichert.

Verhalten eines Objekte: Methoden

Beispiel: Entsprechend einem *Abhebe-Vorgang* verringert ein Aufruf der Methode `withdraw` den Betrag, der unter dem Attribut `balance` gespeichert ist.

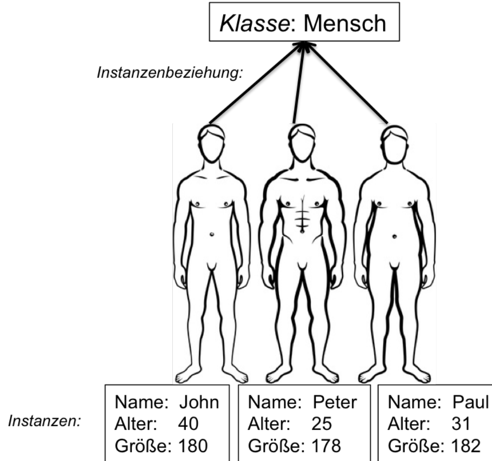
- Methoden sind die Schnittstellen zur Interaktion zwischen Objekten.
- Normalerweise wird der interne Zustand versteckt (Datenkapselung).

Klassen und Objekte (1)

- Eine Klasse
  - ist der „Bauplan“ für bestimmte Objekte;
  - definiert Attribute und Methoden.
- Ein Objekt / Instanz der Klasse
  - wird dem „Bauplan“ entsprechend erzeugt;
  - Instanzierung sorgt für Initialisierung der Attribute.

Motivation
Was ist OOP?
Welche Konzepte sind wichtig?
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammen-fassung

Klassen und Objekte (2)



Motivation
Was ist OOP?
Welche Konzepte sind wichtig?
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

2 OOP: Die nächsten Schritte

- Klassendefinition
- Methoden
- Ein Beispiel: Der Kreis

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Klassendefinition

Methoden

Ein Beispiel: Der Kreis

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Klassendefinition
Methoden
Ein Beispiel: Der Kreis
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Kreis

Ein Kreis wird beschrieben durch seinen Mittelpunkt und seinen Radius.

Klassengerüst

```
@dataclass
class Circle:
    x : float
    y : float
    radius : float
```

Methoden-Definition

- Methoden werden als Funktionen innerhalb von Klassen definiert (mit `def`).

```
@dataclass
class Circle:
    x : float
    y : float
    radius : float

    def area(self : 'Circle') -> float:
        return (self.radius * self.radius * math.pi)
```

- Der erste Parameter einer Methode ist speziell und heißt per Konvention self.
- Dort wird automatisch der Empfänger des Methodenaufrufs übergeben, d.h. die Instanz, auf der die Methode aufgerufen wird.

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Klassendefinition
Methoden
Ein Beispiel: Der Kreis
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Methoden-Aufrufe

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Klassendefinition
Methoden
Ein Beispiel: Der Kreis
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammen-fassung

- Erzeugung von Instanzen wie gehabt

```
c = Circle(0, 0, 1)
```

- Ein Methodenaufruf geschieht über eine Instanz, die dann implizit als erstes Argument übergeben wird (`self`-Argument weglassen):

```
print (c.area())
```

  liefert die Ausgabe 3.141592653589793 .

Ein Kreis ...

```
@dataclass
class Circle:
    x : float = 0
    y : float = 0
    radius : float = 1

    def area(self) -> float:
        return self.radius * self.radius * math.pi

    def size_change(self, percent : float):
        self.radius = self.radius * (percent / 100)

    def move(self, xchange : float =0, ychange : float =0):
       self.x = self.x + xchange
       self.y = self.y + ychange
```

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Klassendefinition

Methoden

Ein Beispiel: Der Kreis

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammen-fassung

Kreise bearbeiten

UNI FREIBURG

Objekte sind veränderlich (mutable)

```
c = Circle(x=1, y=2, radius=5)
print(c.area())
```

Ausgabe: 78.53981633974483

```
c.size_change(50)
print(c.area())
```

Ausgabe: 19.634954084936208

```
c.move(10, 20)
print((c.x, c.y))
```

Ausgabe: (11, 22)

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Klassendefinition

Methoden

Ein Beispiel: Der Kreis

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

Weitere geometrische Figuren

- Wir wollen jetzt noch weitere geometrische Figuren einführen, wie Kreissektoren, Rechtecke, Dreiecke, Ellipsen, Kreissegmente, ...
- Ein Rechteck wird beschrieben durch den Referenzpunkt (links oben) und die Seitenlängen.
- Also

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Klassendefinition
Methoden
Ein Beispiel: Der Kreis
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammen-fassung

Klasse fürs Rechteck

```
@dataclass
class Rectangle:
  x : float = 0
  y : float = 0
  width : float = 1
  height : float = 1

  def area(self) -> float:
    return self.width * self.height

  def size_change(self, percent : float):
    self.width = self.width * (percent / 100)
    self.height = self.height * (percent / 100)

  def move(self, xchange:float=0, ychange:float=0):
   self.x = self.x + xchange
   self.y = self.y + ychange
```

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Klassendefinition
Methoden
Ein Beispiel: Der Kreis
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Beobachtung

UNI FREIBURG

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Klassendefinition

Methoden

Ein Beispiel: Der Kreis

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

- Die Bearbeitung des Referenzpunkts (x,y) ist bei `Circle` und `Rectangle` Objekten gleich.
  - Bei der Konstruktion werde sie gleich behandelt.
  - Die `move` Methode behandelt sie gleich.
- Gesucht: Eine Abstraktion, mit der diese Gemeinsamkeit ausgedrückt werden kann, sodass die Spezifikation der Attribute und die `move` Methode nur einmal geschrieben werden müssen.

3 Vererbung

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

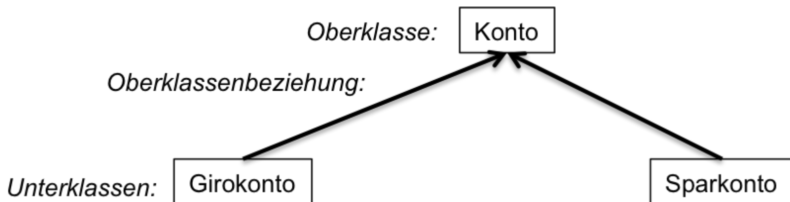
Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammen-fassung

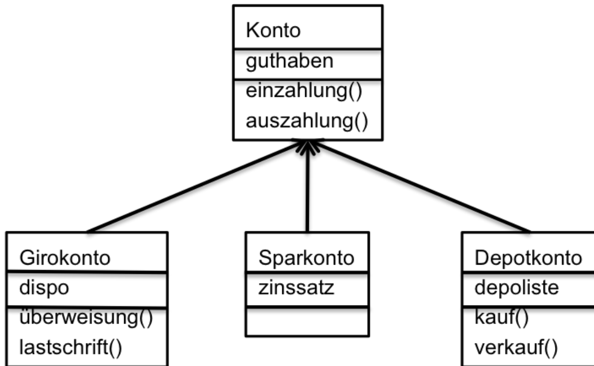
Klassenhierarchien



- Klassen können in einer Vererbungshierarchie angeordnet werden.
- Die oberen Klassen sind allgemeiner, die unteren spezieller.
- Terminologie:
  - Superklasse, Oberklasse oder Basisklasse (für die obere Klasse)
  - Subklasse, Unterklasse oder abgeleitete Klasse (für die unteren Klassen)

Vererbung

- Unterklassen erben Attribute und Methoden von der Oberklasse.



- ...und können neue Attribute und Methoden einführen.
- ...und können Attribute und Methoden der Oberklasse überschreiben.

UNI FREIBURG
Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammen-fassung

4 Vererbung konkret

- 2D-Objekte
- Überschreiben und dynamische Bindung

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

2D-Objekte

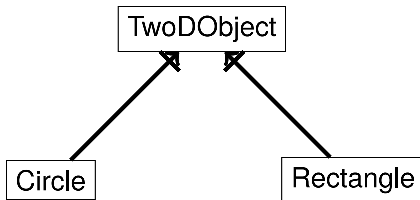
Überschreiben und dynamische Bindung

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

Weitere Objekte

- Wir fassen die Gemeinsamkeiten der Klassen (alle haben einen Referenzpunkt, der verschoben werden kann) in einer eigenen Klasse zusammen.
- Die Unterschiede werden in spezialisierten Subklassen implementiert.
- Daraus ergibt sich eine Klassenhierarchie:



- `TwoDObject` ist Superklasse von `Circle` und `Rectangle`.

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammen-fassung

2D-Objekte

- Allen geometrischen Figuren ist gemeinsam, dass sie einen Referenzpunkt besitzen, der verschoben werden kann, und dass sie eine Fläche besitzen.

geoclasses.py (1)

```
@dataclass
class TwoDObject:
    x : float = 0
    y : float = 0

    def move(self, xchange:float=0, ychange:float=0):
        self.x = self.x + xchange
        self.y = self.y + ychange

    def area(self) -> float:
        return 0
```

UNI FREIBURG

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

2D-Objekte

Überschreiben und dynamische Bindung

Ein bisschen GUI

Zusammen-fassung

Ein Kreis ist ein 2D-Objekt

- Jetzt können wir Kreise als eine Spezialisierung von 2D-Objekten einführen und die zusätzlichen und geänderten Attribute und Methoden angeben:

geoclasses.py (2)

```
@dataclass
class Circle(TwoDObject):
    radius : float = 1

    def area(self) -> float:
        return self.radius * self.radius * 3.14

    def size_change(self, percent : float):
        self.radius = self.radius * (percent / 100)
```

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Überschreiben (*override*)

- Durch Vererbung kommen weitere Attribute und Methoden hinzu (hier: `move` und `area` werden von der Superklasse `TwoDObject` geerbt).
- Die neuen Attribute werden in der Argumentliste des Konstruktors hinten angehängt. Beispiel: `Circle(x, y, radius)`
- Die geerbte Methode `move` wird übernommen.
- Die geerbte Methode `area` wird überschrieben, dadurch dass wir in der Subklasse eine neue Definition angeben.
- ⇒ Jede geerbte Methode wird entweder übernommen oder überschrieben!
- Auf einer `Circle` Instanz wird aufgerufen
  - `move` aus `TwoDObject`
  - `area` aus `Circle`

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Dynamische Bindung (Dynamic Dispatch)

- Das Verhalten eines Methodenaufrufs wie `obj.area()` oder `obj.move()` wird erst zur Laufzeit des Programms bestimmt.
- Es hängt ab vom (Laufzeit-) Typ von `obj`.
  - Falls `type(obj) == TwoDObject`, dann wird sowohl für `area` als auch für `move` der Code aus `TwoDObject` verwendet.
  - Falls `type(obj) == Circle`, dann wird für `area` der Code aus `Circle` und für `move` der Code aus `TwoDObject` verwendet.
- Dieses Verhalten heißt dynamische Bindung oder dynamic dispatch und ist charakteristisch für objekt-orientierte Sprachen.

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

2D-Objekte

Überschreiben und dynamische Bindung

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

Beispiel

Python-Interpreter

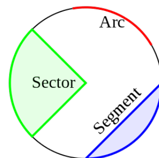
```
>>> t = TwoDObject(x=10, y=20)
>>> t.area()
0
>>> t.move(xchange=10, ychange=20)
>>> t.x, t.y
(20, 40)
>>> t.size_change(50)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
AttributeError: 'TwoDObject' object has no attribute 'size_change'
>>> c = Circle(x=1, y=2, radius=5)
>>> c.area()
78.5
>>> c.size_change(50)
>>> c.area()
19.625
>>> c.move(xchange=10, ychange=20)
>>> c.x, c.y
(11, 22)
```

UNI FREIBURG

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Kreissektoren

- Ein Kreissektor wird beschrieben durch einen Kreis, einen Startwinkel und einen Endwinkel:



`https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Circle_slices.svg` (public domain)

- Für Sektoren können wir eine Subklasse von `Circle` anlegen.

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Kreissektor als Subklasse vom Kreis

```
@dataclass
class Sector (Circle):
    start_angle : float = 0
    end_angle : float = 180

    def area(self) -> float:
        circle_fraction = (self.end_angle - self.start_angle) / 360
        return self.radius * self.radius * math.pi * circle_fraction
```

Eine Instanz von Sector verwendet ...

- `move` von `TwoDObject`
- `size_change` von `Circle`
- `area` von `Sector`, aber ein Teil des Codes ist aus `Circle` kopiert!

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Super!

- Was, wenn die `area()` Methode in der Subklasse `Sector` eine Methode aus der Superklasse `Circle` verwenden könnte?
- Über **`super()`** kann die überschriebene Methode in einer Superklasse aufgerufen werden.

Verwendung von super

```
@dataclass
class Sector(Circle): ...
    def area(self) -> float:
        circle_fraction = (self.end_angle - self.start_angle) / 360
        return super().area() * circle_fraction
```

- **`super()`** nur innerhalb von Methoden verwenden!
- **`super()`**`.method(...)` ruft `method` auf dem Empfänger (also `self`) auf, aber tut dabei so, als ob `self` Instanz der Superklasse wäre.
- D.h. Von `area` in `Sector` wird `area` in `Circle` aufgerufen.

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Beispiel

```
s = Sector (x=1, y=2, radius=5, end_angle=90)
print(s.area())
```

Ausgabe: 19.634954084936208

```
c = Circle (x=1, y=2, radius=5)
print(c.area())
```

Ausgabe: 78.5

```
assert math.isclose(s.area() * 4, c.area(), rel_tol=0.01)
s.move(9,8)
print((s.x, s.y))
```

Ausgabe: (10, 10)

```
s.size_change(200)
print(s.area())
```

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Ein Rechteck ist auch ein 2D-Objekt

- Und weiter geht es mit Rechtecken

geoclasses.py (5)

```
@dataclass
class Rectangle(TwoDObject):
    height : float = 1
    width : float = 1

    def area(self) -> float:
        return self.height * self.width

    def size_change(self, percent : float):
        self.height *= (percent / 100)
        self.width  *= (percent / 100)
```

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammen-fassung

Spielen mit 2D-Objekten

```
t = TwoDObject(x=10, y=20)
c = Circle(5,11,22)
r = Rectangle(100,100,20,20)
print ((c.x, c.y)); c.move (89,78); print ((c.x, c.y))
```

Ausgabe: (5, 11) (94, 89)

```
print (f"t.area= {t.area()}, r.area= {r.area()}")
```

Ausgabe: t.area= 0, r.area= 400

```
r.size_change(50); print(r.area())
```

Ausgabe: 100.0

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

5 Ein bisschen GUI

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

Graphical User Interface

- Jede moderne Programmiersprache bietet heute APIs (Application Programming Interface) für GUIs (Graphical User Interface) an.

⇒ Möglichkeit, interaktiv per Fenster, Tastatur und Maus Ein- und Ausgaben zu einem Programm zu bearbeiten.

- Für Python gibt es tkinter (integriert), PyGtk, wxWidget, PyQt, uvam.
- Wir wollen jetzt einen kleinen Teil von `tkinter` kennenlernen, um unsere Geo-Objekte zu visualisieren.

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Hello World

```
import tkinter as tk

root = tk.Tk()
lab = tk.Label(root, text="Hello World")
lab.pack()
```

- `tkinter` repräsentiert Bildschirminhalte intern durch einen Baum.
- `root` wird das Wurzelobjekt, in das alle anderen Objekte eingehängt werden.
- `lab` repräsentiert ein Label-Widget innerhalb des `root`-Objekts.
  - Ein Widget ist eine (meist rechteckige) Fläche auf dem Schirm, auf der eine bestimmte Ein-/Ausgabefunktionalität implementiert ist.
  - Das Label-Widget zeigt einen String als Text an. Es verarbeitet keine Eingaben.
- Mit `lab.pack()` wird das Widget `lab` in seinem Elternfenster positioniert.

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

Objekte malen

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

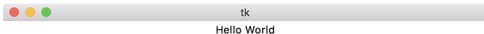
Ein bisschen GUI

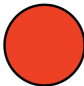
Zusammen-fassung

```
import tkinter as tk

root = tk.Tk()
cv = tk.Canvas(root, height=600, width=600)
cv.pack()
r1 = cv.create_rectangle(100, 100, 200, 150, fill='green')
o1 = cv.create_oval(400,400,500,500,fill='red',width=3)
```

- Ein Canvas ist ein Widget, das wie eine Zeichenfläche (Leinwand) funktioniert, auf der geometrische Figuren gemalt werden können.
- Der Konstruktor für `tk.Canvas` nimmt Höhe und Breite in Pixeln (Bildpunkten).





Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

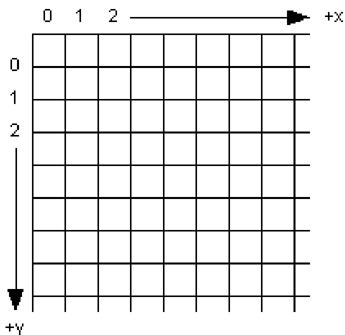
Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammen-fassung

Grafik-Koordinatensysteme

- Die Positionierung auf dem `Canvas` erfolgt über ein Koordinatensystem.
- Im Unterschied zum mathematischen Koordinatensystem liegt der Nullpunkt bei Grafikdarstellungen immer oben links.
- Wie gewohnt dienen (x,y)-Paare zur Bestimmung von Punkten.



Einige Canvas-Methoden

- *canvas*`.create_line(x1, y1, x2, y2, **options)`
  Linie von (x1, y1) nach (x2, y2).
- *canvas*`.create_rectangle(x1, y1, x2, y2, **options)`
  Rechteck mit oberer linker Ecke (x1, y1) und unterer rechter Ecke (x2, y2).
- *canvas*`.create_oval(x1, y1, x2, y2, **options)`
  Oval innerhalb des Rechtecks geformt durch obere linke Ecke (x1, y1) und untere rechte Ecke (x2, y2).
- Alle `create`-Methoden liefern den Index des erzeugten Objekts, eine eindeutige Zahl, mit der das Objekt manipuliert werden kann.
- *canvas*`.delete(i)` löscht Objekt mit dem Index *i*.
- *canvas*`.move(i, xdelta, ydelta)` bewegt Objekt *i* um `xdelta` und `ydelta`.
- *canvas*`.update()` erneuert die Darstellung auf dem Bildschirm.

Geoclasses visuell

```
from dataclasses import dataclass, field
@dataclass
class TwoDObjectV:
    cv : tk.Canvas
    x : float = 0
    y : float = 0
    index : int = field(default= 0, init= False)

    def move(self, xchange:float=0, ychange:float=0):
        self.x += xchange
        self.y += ychange
        if self.cv and self.index:
            self.cv.move(self.index, xchange, ychange)
```

- `field(default= 0, init= False)` dieses Attribut hat Standardwert 0, wird aber nicht vom Konstruktor gesetzt.

Motivation
OOP: Die nächsten Schritte
Vererbung
Vererbung konkret
Ein bisschen GUI
Zusammenfassung

Geoclasses visuell

```
@dataclass
class CircleV(TwoDObjectV):
    radius : float = 1

    def __post_init__(self):
        self.index = self.cv.create_oval(self.x-self.radius,
                                         self.y-self.radius,
                                         self.x+self.radius,
                                         self.y+self.radius)
```

Hintergrund des Entwurfs

- Der Aufruf des Konstruktors erzeugt das Objekt auf dem Canvas.
  `CircleV (canvas, 10, 10)`
- Die Methoden wirken gleichzeitig auf das Canvas-Objekt.

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

6 Zusammenfassung

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammen-fassung

Zusammenfassung

- Objekt-orientierte Programmierung ist ein **Programmierparadigma**.
- Objekt = Zustand (Attribute) + Operationen darauf (Methoden).
- Klassen sind „Baupläne“ für Objekte. Sie definieren Attribute und Methoden.
- Methoden sind Funktionen, die innerhalb einer Klasse definiert werden. Der erste Parameter ist immer `self`, das Empfängerobjekt.
- Klassen können in einer Vererbungshierarchie angeordnet werden.
- Subklassen erben Methoden und Attribute der Superklassen; Methoden der Superklassen können überschrieben werden.
- Der Aufruf von Methoden erfolgt durch dynamische Bindung.