

Informatik I: Einführung in die Programmierung

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

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Prof. Dr. Peter Thiemann

16. Dezember 2020

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).
- Es ist die Art und Weise an ein Problem heranzugehen, es zu modellieren und somit auch zu programmieren.
- Bisher: **Prozedurale Programmierung**
 - Zerlegung des Problems in Datenstrukturen und Funktionen
 - Zustand des Programms 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 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

Objekte in OOP

Beispiel: Bankkonto



Zustand eines Objekts: Attributwerte

Beispiel: Der *Kontostand* 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**).

Motivation

Was ist OOP?

Welche Konzepte sind wichtig?

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

- Eine **Klasse**
 - ist der „Bauplan“ für bestimmte Objekte;
 - enthält die Definition der Attribute und Methoden;
- Ein **Objekt / Instanz der Klasse**
 - wird dem „Bauplan“ entsprechend erzeugt
 - Instanziierung sorgt für Initialisierung der Attribute

Motivation

Was ist OOP?

Welche Konzepte
sind wichtig?

OOP: Die
nächsten
Schritte

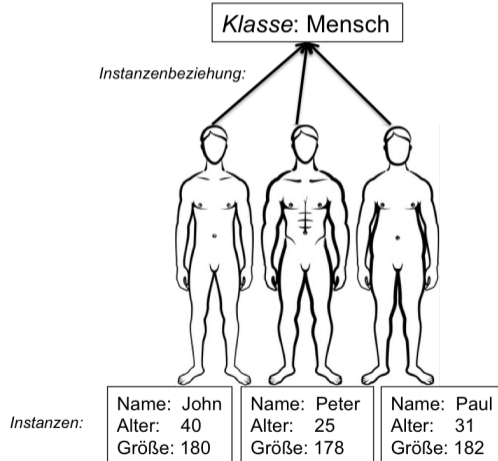
Vererbung

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

Zusammen-
fassung

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

Wiederholung: Definieren von Klassen

Beispiel: Geometrische Objekte



Kreis

Ein Kreis wird beschrieben durch seinen Mittelpunkt und seinen Radius.

Klassengerüst

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

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Klassendefinition

Methoden

Ein Beispiel: Der Kreis

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

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

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

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

- Der erste Parameter einer Methode heißt per Konvention **self**. Das ist der **Empfänger** des Methodenaufrufs, 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

Zusammen-
fassung

- Methodenaufruf **zur Not** über den Klassennamen (dann muss das `self`-Argument angegeben werden),

Python-Interpreter

```
>>> c = Circle(1, 0, 0)
>>> Circle.area(c)
3.14159
```

- **im Normalfall** über eine Instanz, die dann implizit übergeben wird (`self`-Argument weglassen):

Python-Interpreter

```
>>> c.area()
3.14159
```

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Klassendefinition

Methoden

Ein Beispiel: Der Kreis

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

Ein Kreis ...

circle.py

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

    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

- Funktionsparameter können einen Standardwert (default value) haben.
- Der Standardwert wird durch eine Zuweisung in der Parameterliste gesetzt:

```
def int_to_str (n : int, base : int = 10) -> str:  
    pass
```

- Im Funktionsaufruf können Parameter mit Standardwert weggelassen werden.

```
assert int_to_str (42) == "42"           # base=10  
assert int_to_str (42, 2) == "101010" # base=2
```

Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Klassendefinition
Methoden

Ein Beispiel: Der
Kreis

Vererbung

Vererbung
konkret

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

Argumente können auch über den Namen des Parameters übergeben werden, die Reihenfolge der benannten Argumente spielt dann keine Rolle.

```
def f (x: int, y: int) -> int:  
    return x - y  
  
assert f (3, 5) == -2  
assert f (x=3, y=5) == -2  
assert f (y=3, x=5) == 2
```

Regel für den Funktionsaufruf

- Erst die unbenannten Argumente (positional arguments)
- dann die benannten Argumente
- Fehlende Argumente müssen einen Standardwert haben.

Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Klassendefinition
Methoden

Ein Beispiel: Der
Kreis

Vererbung

Vererbung
konkret

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

- Objekte sind veränderlich (mutable)

Python-Interpreter

```
>>> 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)
```

Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Klassendefinition
Methoden

Ein Beispiel: Der
Kreis

Vererbung

Vererbung
konkret

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

- 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

Zusammenfassung

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

Zusammen-
fassung

- 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: **Abstraktion**, mit der diese Gemeinsamkeit ausgedrückt werden kann, sodass der entsprechende Code für den `move` und die Spezifikation der Attribute nur einmal geschrieben werden muss.

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Klassendefinition

Methoden

Ein Beispiel: Der Kreis

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

3 Vererbung



Motivation

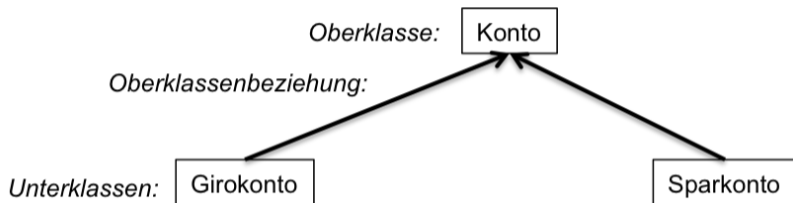
OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung



Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

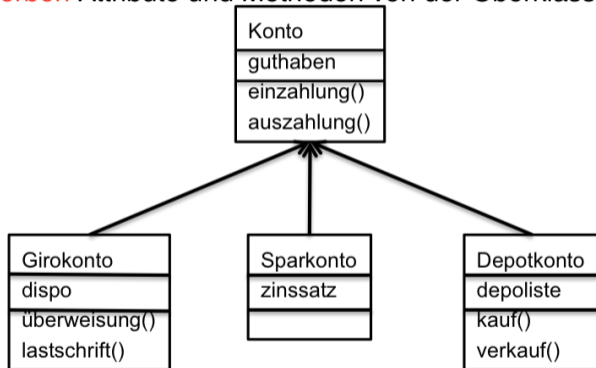
Vererbung
konkret

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

- Verschiedene Arten von Klassen können oft in einer **Generalisierungshierarchie** angeordnet werden.
- Terminologie:
 - Superklasse, Oberklasse, Elternklasse und Basisklasse (für die obere Klasse)
 - Subklasse, Unterklasse, Kindklasse bzw. abgeleitete Klasse (für die unteren Klassen)

- Unterklassen **erben** Attribute und Methoden von der Oberklasse



- ...und können neue Attribute und Methoden **eingeführen**
- ...und können Attribute und Methoden der Oberklasse **überschreiben**

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

4 Vererbung konkret



- 2D-Objekte
- Überschreiben und dynamische Bindung

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

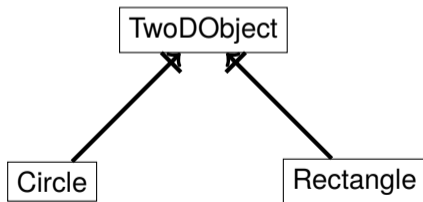
Vererbung konkret

2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

- 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



- 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
```

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

    def area(self):
        return self.radius * self.radius * 3.14

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

Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

2D-Objekte
Überschreiben und
dynamische
Bindung

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

- **Durch Vererbung kommen weitere Attribute und Methoden hinzu** (hier: `move` und `area` werden von der Superklasse `TwoDObject` geerbt).
- **Geerbte Methoden können überschrieben werden** (Beispiel: `area`), dadurch dass wir in der Subklasse eine neue Definition angeben.
- 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



- Das Verhalten eines Methodenaufrufs wie `obj.area()` bzw `obj.move()` wird erst zur Laufzeit des Programms bestimmt.
- Es hängt ab vom (Laufzeit-) Typ von `obj`.
 - Falls `obj` eine Instanz von `TwoDObject` ist, also falls `type(obj) == TwoDObject`, dann wird sowohl für `area` als auch für `move` der Code aus `TwoDObject` verwendet.
 - Falls `obj` eine Instanz von `Circle` ist, also 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** bzw **dynamic dispatch** und ist typisch 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)
```



Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

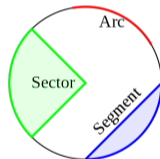
2D-Objekte

Überschreiben und
dynamische
Bindung

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

- Ein Kreissektor wird beschrieben durch einen Kreis und einen Winkel:



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):
    angle : float = 180

    def area(self) -> float:
        return self.radius * self.radius * math.pi * self.angle / 360
```

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

Zusammen-
fassung

- Was, wenn die `area()` Methode in der Subklasse `Sector` eine Methode aus der Superklasse `Circle` verwenden könnte?
- Über den Klassennamen könnte die überschriebene Methode der Superklasse explizit aufgerufen werden.

Schlecht, da fehleranfällig: Expliziter Aufruf

```
@dataclass
class Sector1(Circle):
    ...
    def area(self) -> float:
        return Circle.area(self) * self.angle / 360
```

- **Fehlerquelle:** Wenn sich die Hierarchie ändert (z.B. auch nur der Name der Superklasse), muss beim Methodenaufruf nachgebessert werden.

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

- Besser Python bestimmt die Superklasse automatisch:

Verwendung von `super` (empfohlen)

```
@dataclass
class Sector1(Circle):
    ...
    def area(self) -> float:
        return super().area() * self.angle / 360
```

- `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.
- Im Beispiel wird `area` in `Circle` aufgerufen.

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

2D-Objekte
Überschreiben und dynamische Bindung

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

Python-Interpreter

```
>>> s = Sector (x=1, y=2, radius=5, angle=90)
>>> s.area()
19.634954084936208
>>> c = Circle (x=1, y=2, radius=5)
>>> c.area()
78.53981633974483
>>> assert s.area() * 4 == c.area()
>>> s.move(9,8)
>>> s.x, s.y
(10, 10)
>>> s.size_change(200)
>>> s.area()
78.53981633974483
```

Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

2D-Objekte

Überschreiben und
dynamische
Bindung

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

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

Python-Interpreter

```
>>> c = Circle(5,11,22)
>>> r = Rectangle(100,100,20,20)
>>> c.x,c.y
(11,22)
>>> c.move(89,78); c.x,c.y
(100,100)
>>> t.area()
0
>>> r.area()
400
>>> r.size_change(50); r.area()
100
```

Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

2D-Objekte

Überschreiben und
dynamische
Bindung

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

5 Ein bisschen GUI



Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

**Ein bisschen
GUI**

Zusammen-
fassung

- Jede moderne Programmiersprache bietet heute APIs (Application Programming Interface) für GUIs (**Graphical User Interface**) an.
- Möglichkeit per Fenster und Mausinteraktion mit dem Programm zu interagieren.
- In Python gibt es **tkinter** (integriert), **PyGtk**, **wxWidget**, **PyQt**, uvam.
- Wir wollen jetzt einen kleinen Teil von **tkinter** kennen lernen, 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 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 (rechteckige) Fläche auf dem Schirm, auf der eine bestimmte Funktionalität implementiert ist.
- Das Label-Widget kann nur einen String als Text anzeigen.
- Dann wird lab in seinem Elternfenster positioniert.

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

Canvas erzeugen

```
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 Leinwand funktioniert, auf der verschiedene geometrische Figuren gemalt werden können.

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung



Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

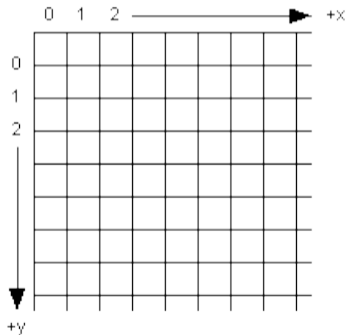
Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

- Im Unterschied zum mathematischen Koordinatensystem liegt der Nullpunkt bei Grafikdarstellungen immer **oben links**.
- Wie gewohnt dienen **(x,y)**-Paare zur Bestimmung von Punkten.



Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung

- `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, mit dem das Objekt manipuliert werden kann.
- `canvas.delete(i)` **löscht** Objekt mit dem Index *i*.
- `canvas.move(i, xdelta, ydelta)` **bewegt** Objekt um *xdelta* und *ydelta*.
- `canvas.update()` erneuert die Darstellung auf dem Bildschirm.

Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

Geoclasses visuell

```
@dataclass
class TwoDObjectV:
    x : float
    y : float
    cv : Optional[tk.Canvas] = None
    index : InitVar[int] = 0

    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)
```

- `from dataclasses import InitVar`
- `InitVar[int]` dieses Attribut hat Typ `int`, wird aber nicht vom Konstruktor gesetzt.

Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

Geoclasses visuell

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

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

Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

Ein bisschen
GUI

Zusammen-
fassung

6 Zusammenfassung



Motivation

OOP: Die
nächsten
Schritte

Vererbung

Vererbung
konkret

Ein bisschen
GUI

**Zusammen-
fassung**



- **Objekt-orientierte Programmierung** ist ein **Programmierparadigma**
- Ein Objekt fasst Zustand (Attribute) und die Operationen darauf (Methoden) zusammen.
- **Klassen** sind die „Baupläne“ für die Objekte. Sie definieren Attribute und Methoden.
- **Methoden** sind Funktionen, die innerhalb der Klasse definiert werden. Der erste Parameter ist immer `self`, das **Empfängerobjekt**.
- **Attribute** werden mit Typ aufgelistet.
- 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**.

Motivation

OOP: Die nächsten Schritte

Vererbung

Vererbung konkret

Ein bisschen GUI

Zusammenfassung