

Informatik I: Einführung in die Programmierung

8. Objekte und Datenklassen

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Prof. Dr. Peter Thiemann

17. November 2021

1 Objekte und Datenklassen



- Objekte
- Identität und Gleichheit
- Datenklassen für Records
- Klassendefinition
- Instanzenerzeugung
- Funktionen auf Records
- Geschachtelte Records

Objekte und Datenklassen

Objekte

Identität und Gleichheit

Datenklassen für Records

Klassendefinition

Instanzenerzeugung

Funktionen auf Records

Geschachtelte Records

Zusammenfassung

- Objekte
- Identität und Gleichheit
- Datenklassen für Records
- Klassendefinition
- Instanzenerzeugung
- Funktionen auf Records
- Geschachtelte Records

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

- Alle *Werte* in Python sind in Wirklichkeit *Objekte*.
- Damit ist gemeint, dass sie assoziierte *Attribute* und *Methoden* haben, auf die mit der **Punktnotation**

expr.attribut

zugegriffen werden kann:

Python-Interpreter

```
>>> x = complex(10, 3)
>>> x.real, x.imag
10.0 3.0
>>> "spam".index("a")
2
>>> (10 + 10).__neg__()
-20
```

Identität: is und is not

- Jedes Objekt besitzt eine eigene **Identität**.
- Die Operatoren `is` und `is not` testen die Identität.
- `x is y` ist `True`, wenn `x` und `y` **dasselbe Objekt** bezeichnen, und ansonsten `False` (`is not` umgekehrt):

Python-Interpreter

```
>>> x, y = ["ham", "spam", "jam"], ["ham", "spam", "jam"]
>>> z = y
>>> x is y, x is z, y is z
(False, False, True)
>>> x is not y, x is not z, y is not z
(True, True, False)
>>> del y[1]
>>> x, y, z
(['ham', 'spam', 'jam'], ['ham', 'jam'], ['ham', 'jam'])
```

1 Objekte und Datenklassen



- Objekte
- Identität und Gleichheit
- Datenklassen für Records
- Klassendefinition
- Instanzenerzeugung
- Funktionen auf Records
- Geschachtelte Records

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

**Identität und
Gleichheit**

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

- Außer Zahlen und Strings können auch Listen und Tupel auf Gleichheit getestet werden. Der Unterschied zum Identitätstest ist wichtig:

Python-Interpreter

```
>>> x = ["ham", "spam", "jam"]
>>> y = ["ham", "spam", "jam"]
>>> x == y, x is y
(True, False)
```

- Test auf *Gleichheit*: haben x und y den gleichen Typ, sind sie gleich lang und sind korrespondierende Elemente gleich? (die Definition ist rekursiv)
- Test auf *Identität*: bezeichnen x und y dasselbe Objekt?

Faustregel

Verwende in der Regel den Gleichheitstest.

Anmerkung zu `None`:

- Der Typ `NoneType` hat nur einen einzigen Wert: `None`. Daher ist es egal, ob ein Vergleich mit `None` per Gleichheit oder per Identität erfolgt.
- Vergleiche mit `None` sollten als `x is None` bzw. `x is not None` und nicht als `x == None` bzw. `x != None` zu schreiben.

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Veränderlich oder unveränderlich?



Jetzt können wir auch genauer sagen, was es mit veränderlichen (*mutable*) und unveränderlichen (*immutable*) Datentypen auf sich hat:

- Instanzen von veränderlichen Datentypen können modifiziert werden.
Vorsicht bei Zuweisungen wie $x = y$:
Nachfolgende Operationen auf x beeinflussen auch y (und umgekehrt).
 - Beispiel: Listen (`list`)
- Instanzen von unveränderlichen Datentypen können nicht modifiziert werden.
Daher sind Zuweisungen wie $x = y$ völlig unkritisch:
Da das durch x bezeichnete Objekt nicht verändert werden kann, besteht keine Gefahr für y .
 - Beispiele: Zahlen (`int`, `float`, `complex`), Strings (`str`), Tupel (`tuple`)

Objekte und Datenklassen

Objekte

Identität und Gleichheit

Datenklassen für Records

Klassendefinition

Instanzerzeugung

Funktionen auf Records

Geschachtelte Records

Zusammenfassung

1 Objekte und Datenklassen



- Objekte
- Identität und Gleichheit
- Datenklassen für Records
- Klassendefinition
- Instanzenerzeugung
- Funktionen auf Records
- Geschachtelte Records

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

**Datenklassen für
Records**

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

- Bisher haben wir vorgefertigte Objekte verwendet.
- Jetzt beginnen wir selbst welche zu bauen!
- Dafür benötigen wir einen Bauplan.

Definition

Ein **Record** ist ein Objekt, das mehrere untergeordnete Objekte, die **Attribute**, enthält.

- alternativ: **Struct**; deutsch: Reihung, Struktur
- Objekte heißen auch **Instanzen**.
- Attribute heißen auch **Felder**.

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Beispiel für ein Record: Ware



Beschreibung für Ware

Ein Händler beschreibt eine Ware durch den Namen und den Angebotspreis.

Schritt 1: Bezeichner und Datentypen

Ein Händler beschreibt eine Ware (`Article`) durch die **Attribute**

- `name` : `str`, den Namen und
- `price` : `int`, den Angebotspreis (**in cent**), immer ≥ 0 .

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

**Datenklassen für
Records**

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

- Objekte
- Identität und Gleichheit
- Datenklassen für Records
- Klassendefinition
- Instanzenerzeugung
- Funktionen auf Records
- Geschachtelte Records

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Python-Interpreter

```
>>> class Article:
...     pass # nur notwendig für leere Klasse!
...
>>> Article
<class '__main__.Article'>
>>> int
<class 'int'>
```

- Neue Records und Klassen werden mit der `class`-Anweisung eingeführt (Konvention: `CamelCase`-Namen).
- Die `class`-Anweisung muss **ausgeführt werden**. Sie sollte nicht in einer bedingten Anweisung verborgen werden!
- Sie definiert einen **neuen Typ** mit Namen `Article`.

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

1 Objekte und Datenklassen



- Objekte
- Identität und Gleichheit
- Datenklassen für Records
- Klassendefinition
- Instanzenerzeugung
- Funktionen auf Records
- Geschachtelte Records

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

**Instanzen-
erzeugung**

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

- Jeder Aufruf der Klasse als Funktion erzeugt ein neue **Instanz** der Klasse.

Python-Interpreter

```
>>> class Article:
...     pass
...
>>> instance1 = Article()
>>> instance2 = Article()
>>> instance1 is instance2, instance1 == instance2
(False, False)
>>> isinstance(instance1, Article) , isinstance(0, Article)
(True, False)
```

- Alle erzeugten Instanzen sind untereinander nicht-identisch und ungleich!
- `isinstance()` prüft ob ein Objekt Instanz einer bestimmten Klasse ist.

Python-Interpreter

```
>>> class Article:
...     pass
...
>>> phone = Article()
>>> phone.name = "Smartphone"
>>> phone.price = 49500
>>> phone.price * 0.19 / 1.19
7903.361344537815
```

- Instanzen können *dynamisch* neue **Attribute** erhalten.
- Jede Instanz hat einen eigenen **Namensraum**, auf den die Punktnotation zugreift.
- Besser: gleiche Attribute für alle Instanzen einer Klasse!

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

**Instanzen-
erzeugung**

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Schritt 2: Klassengerüst

```
from dataclasses import dataclass
@dataclass
class Article:
    name : str
    price : int
```

- Die Klasse `Article` kann nun als Funktion mit zwei Parametern (`name`, `price`) aufgerufen werden.
- Alle Instanzen haben garantiert die Attribute `name` und `price`.
- Instanzen von Datenklassen sind gleich (`==`), falls alle Attribute gleich sind.

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

**Instanzen-
erzeugung**

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Python-Interpreter

```
>>> @dataclass
>>> class Article:
...     name : str
...     price : int
...
>>> phone = Article("Smartphone", 49500)
>>> phone
Article(name='Smartphone', price=49500)
>>> phone.price * 0.19 / 1.19
7903.361344537815
>>> myphone = Article("Smartphone", 49500)
>>> myphone == phone
True
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

**Instanzen-
erzeugung**

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

1 Objekte und Datenklassen



- Objekte
- Identität und Gleichheit
- Datenklassen für Records
- Klassendefinition
- Instanzenerzeugung
- Funktionen auf Records
- Geschachtelte Records

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

**Funktionen auf
Records**

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Angebotspreis

Der Händler will seine Preise am Black Friday um 25% herabsetzen. Der Angebotspreis soll dynamisch nur an der Kasse berechnet werden.

Schritt 1: Bezeichner und Datentypen

Der Händler braucht für die Kasse eine Funktion `sale_price`, die als Parameter

- `article` : `Article`, die Ware, und
- `discount` : `int`, den Rabattsatz (in Prozent zwischen 0 und 100)

erwartet und den Verkaufspreis : `int` (in Cent) berechnet.

Schritt 2: Funktionsgerüst

```
def sale_price (  
    article : Article,  
    discount : int) -> int:  
    # fill in  
    return 0
```

- Neu: im Rumpf können wir die Attribute von `article` über die Punktnotation verwenden.

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

**Funktionen auf
Records**

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Schritt 3: Beispiele

```
a1 = Article ("Mausefalle", 2000)
a2 = Article ("Promo□Lutscher", 0)
a3 = Article ("Nougat", 2000)
assert sale_price (a1, 25) == 1500
assert sale_price (a1, 10) == 1800
assert sale_price (a3, 10) == 1800
assert sale_price (a2, 25) == 0
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

**Funktionen auf
Records**

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Schritt 4: Funktionsdefinition

```
def sale_price (  
    article : Article,  
    discount : int) -> int:  
    return article.price * (100 - discount) // 100
```

Bemerkung

Diese Funktion funktioniert für **jedes** Objekt mit einem `price` Attribut.

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

**Funktionen auf
Records**

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

1 Objekte und Datenklassen



- Objekte
- Identität und Gleichheit
- Datenklassen für Records
- Klassendefinition
- Instanzenerzeugung
- Funktionen auf Records
- Geschachtelte Records

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

**Geschachtelte
Records**

Zusammen-
fassung

Terminplanung

Ein Termin hat einen Titel, Teilnehmer, eine Anfangszeit und eine Endzeit. Eine Zeit wird durch Stunde und Minute repräsentiert.

- 1 Wie lange dauert ein Termin?
- 2 Stehen zwei Termine in Konflikt?

Bemerkungen

- Zwei Datenklassen beteiligt: Termin und Zeit
- Frage 2 muss noch präzisiert werden

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

**Geschachtelte
Records**

Zusammen-
fassung

Terminplanung

Schritt 1: Bezeichner und Datentypen

Eine Zeit `Time` besteht aus

- einer Stundenzahl `hour` : `int` zwischen 0 und 23 inklusive.
- einer Minutenzahl `minute` : `int` zwischen 0 und 59 inklusive.

Ein Termin `Appointment` hat

- einen Titel `title` : `str`
- (mehrere) Teilnehmer `participants` : `list[str]`
- eine Anfangszeit `start` : `Time`
- eine Endzeit `end` : `Time` nicht vor `start`

Bemerkung

- Ein `Appointment`-Objekt enthält zwei `Time`-Objekte

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Schritt 2: Klassengerüst

```
@dataclass
class Time:
    hour    : int # 0 <= hour < 24
    minute  : int # 0 <= minute < 60

@dataclass
class Appointment:
    title:str
    participants:list[str]
    start:Time
    end:Time    # not less than start
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

**Geschachtelte
Records**

Zusammen-
fassung

Schritt 1: Bezeichner und Datentypen

Wie lange dauert ein Termin?

Die Funktion `duration` nimmt einen Termin `app` : `Appointment` und bestimmt seine Dauer in Minuten (`int`).

Schritt 2: Funktionsgerüst

```
def duration (app : Appointment) -> int:  
  # fill in  
  return 0
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Schritt 3: Beispiele

```
t1 = Time (12, 50)
t2 = Time (13, 10)
t3 = Time (10, 05)
t4 = Time (12, 45)
m1 = Appointment ("lunch", [], t1, t2)
m2 = Appointment ("lecture", [], t3, t4)
m3 = Appointment ("alarm", [], t4, t4)
assert duration(m1) == 20
assert duration(m2) == 160
assert duration(m3) == 0
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

**Geschachtelte
Records**

Zusammen-
fassung

Schritt 4: Funktionsdefinition

```
def duration (app : Appointment) -> int:  
    return time_difference (app.end, app.start)
```

Prinzip Wunschdenken

- Zur Erledigung der Aufgabe in `Appointment` benötigen wir eine Operation, die nur mit `Time` zu tun hat.
- Daher lagern wir sie in eine Hilfsfunktion aus!
- **Wunschdenken** heißt, wir geben der gewünschten Funktion einen Namen und erstellen einen Vertrag für sie.
- Dann verwenden wir sie, bevor sie entworfen und implementiert ist.

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Schritt 1: Bezeichner und Datentypen

Bestimme die Differenz zweier Zeitangaben.

Die Funktion `time_difference` nimmt zwei Zeitangaben `t1`, `t2` : `Time` und bestimmt die Differenz `t1 - t2` in Minuten (`int`). Dabei nehmen wir an, dass `t1 >= t2` ist.

Schritt 2: Funktionsgerüst

```
def time_difference (t1 : Time, t2 : Time) -> int:  
  # fill in  
  return 0
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

**Geschachtelte
Records**

Zusammen-
fassung

Schritt 3: Beispiele

```
t1 = Time (12, 50)
t2 = Time (13, 10)
t3 = Time (10, 05)
t4 = Time (12, 45)
assert time_difference(t2, t1) == 20
assert time_difference(t4, t3) == 160
assert time_difference(t1, t1) == 0
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

**Geschachtelte
Records**

Zusammen-
fassung

Schritt 4: Funktionsdefinition

```
def time_difference (t1 : Time, t2 : Time) -> int:  
    return ((t1.hour - t2.hour) * 60  
            + t1.minute - t2.minute)
```

In der Regel

- In Funktionen die Punktnotation nur zum Zugriff auf direkte Attribute verwenden.
- Also nicht tiefer als eine Ebene zugreifen.

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Präzisierung der Fragestellung

Stehen zwei Termine in Konflikt?

- Überschneiden sich zwei Termine zeitlich?
- Haben zwei Termine gemeinsame Teilnehmer?
- Konflikt nur, falls beides zutrifft!

Schritt 1: Bezeichner und Datentypen

Stehen zwei Termine in Konflikt?

Die Funktion `conflict` nimmt zwei Termine `a1`, `a2` : `Appointment` und stellt fest, ob sie in Konflikt stehen (`bool`).

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

**Geschachtelte
Records**

Zusammen-
fassung

Schritt 2: Funktionsgerüst

```
def conflict (a1 : Appointment ,  
             a2 : Appointment) -> bool:  
  # fill in  
  return False
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

**Geschachtelte
Records**

Zusammen-
fassung

Schritt 3: Beispiele

```
t1 = Time (12, 00)
t2 = Time (12, 30)
t3 = Time (10, 05)
t4 = Time (12, 45)
a1 = Appointment ("lunch", ["jim", "jack"], t1, t2)
a2 = Appointment ("lecture", ["jeff", "jim"], t3, t4)
a3 = Appointment ("coffee", ["jack", "jill"], t2, t4)
#
assert conflict(a1, a2) and conflict (a2, a1)
assert not conflict(a1, a3)
assert not conflict(a2, a3)
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Schritt 4: Funktionsdefinition

```
def conflict (a1 : Appointment,  
             a2 : Appointment) -> bool:  
  time_ok = (before(a1.end, a2.start)  
            or before(a2.end, a1.start))  
  participants_ok = not (  
    intersection (a1.participants, a2.participants))  
  return not (time_ok and participants_ok)
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Wunschdenken

```
def before (t1 : Time, t2 : Time) -> bool:  
  ''' check whether t1 is no later than t2 '''  
  return False  
  
def intersection (lst1 : list, lst2 : list) -> list:  
  ''' return the list of elements both in lst1 and lst2 '''  
  return []
```

Objekte und
Datenklas-
sen

Objekte

Identität und
Gleichheit

Datenklassen für
Records

Klassendefinition

Instanzen-
erzeugung

Funktionen auf
Records

Geschachtelte
Records

Zusammen-
fassung

Weitere Ausführung selbst

- before: Bedingung auf den Attributen von Time-Objekten
- intersection: for-Schleife auf einer der Listen, Akkumulator fürs Ergebnis

2 Zusammenfassung



Objekte und
Datenklas-
sen

Zusammen-
fassung

- Alle Werte in Python sind Objekte.
- Veränderliche Objekte besitzen eine **Identität**.
- Eine **Klasse** beschreibt Objekte/Instanzen.
- Eine Instanz enthält **Attribute**, d.h. untergeordnete Objekte.
- Eine **Datenklasse** (Record) enthält nichts anderes als Attribute.
- Funktionsentwurf mit **einfachen Records**.
- Funktionsentwurf mit **geschachtelten Records**.