Informatik I: Einführung in die Programmierung

11. Veränderliche Daten

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

UNI FREIBURG

Prof. Dr. Peter Thiemann

2. Dezember 2025

Veränderliche Daten

Veränderliche Daten

- Bisher haben wir Objekte als unveränderlich (*immutable*) betrachtet.

Veränderliche Daten

- Bisher haben wir Objekte als unveränderlich (*immutable*) betrachtet.
- Manche Objekte können während des Programmablaufs verändert werden.

Veränderliche Daten

- Bisher haben wir Objekte als unveränderlich (*immutable*) betrachtet.
- Manche Objekte können während des Programmablaufs verändert werden.
- Veränderliche Objekte:

Veränderliche Daten

- Bisher haben wir Objekte als unveränderlich (*immutable*) betrachtet.
- Manche Objekte können während des Programmablaufs verändert werden.
- Veränderliche Objekte:
  - Listen (Typ `list`)

Veränderliche Daten

- Bisher haben wir Objekte als unveränderlich (*immutable*) betrachtet.
- Manche Objekte können während des Programmablaufs verändert werden.
- Veränderliche Objekte:
  - Listen (Typ `list`)
  - Instanzen von Datenklassen

Veränderliche Daten

- Bisher haben wir Objekte als unveränderlich (*immutable*) betrachtet.
- Manche Objekte können während des Programmablaufs verändert werden.
- Veränderliche Objekte:
  - Listen (Typ `list`)
  - Instanzen von Datenklassen
- Bei veränderlichen Objekten ist die Objektidentität wichtig!

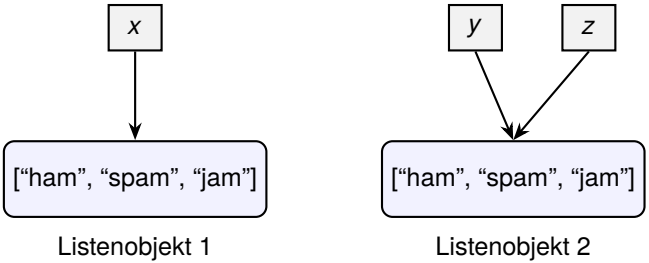
Identität: `is` und `is not`

UNI FREIBURG

- 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` (bzw. umgekehrt bei `is not`):

```
>>> 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)
```

Aliasing



- `x` enthält die Adresse, wo Listenobjekt 1 im Speicher abgelegt ist.
- `y` und `z` enthalten die Adresse, wo Listenobjekt 2 im Speicher abgelegt ist.
- Der `is` Operator testet die Gleichheit dieser Adressen!

Identität vs. Gleichheit

UNI FREIBURG

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

```
>>> 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? Sind korrespondierende Elemente gleich? (die Definition ist rekursiv)
- Test auf *Identität*: bezeichnen `x` und `y` dasselbe Objekt? (Adressvergleich)

Faustregel

Verwende in der Regel den Gleichheitstest.

Spezialfall `x is None`

UNI FREIBURG

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 mit
  `x is None` bzw. `x is not None`
  und nicht mit
  `x == None` bzw. `x != None`
  erfolgen.

Veränderlich oder unveränderlich?

UNI FREIBURG

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*)

Weitere Operationen auf Listen

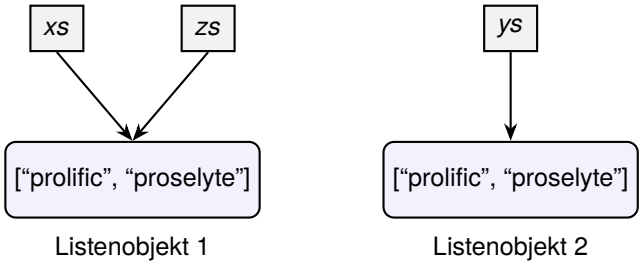
Zuweisung an Listenelement

UNI FREIBURG


```
>>> xs, ys = ["prolific", "proselyte"], ["prolific", "proselyte"]
>>> zs = xs
>>> print(" ".join(xs))
prolific proselyte
>>> xs[1] = "procrastinator"
>>> print(" ".join(xs)); print(" ".join(zs))
prolific procrastinator
prolific procrastinator
>>> print(" ".join(ys))
prolific proselyte
```

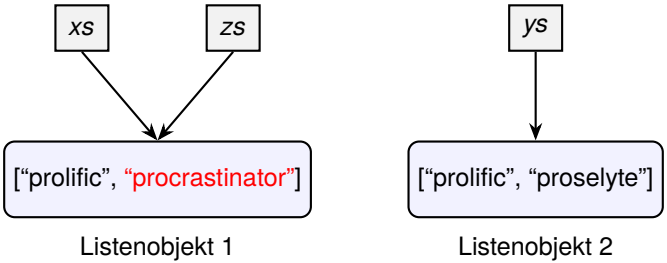
- Zuweisung an `xs[i]` ändert Position `i` in der Liste `xs`. Dabei muss `-len(xs) <= i < len(xs)` ein legaler Index sein.
- `xs` und `zs` sind **Aliase** (sie verweisen auf das selbe Listenobjekt); daher schlägt jede Änderung an `xs` auf `zs` durch und umgekehrt.
- `ys` ist ein separates Listenobjekt und ist von Änderungen an `xs` nicht betroffen.

Zuweisung an Listenelement (Bild)



vor der Zuweisung `xs[1] = "procrastinator"`

Zuweisung an Listenelement (Bild)



nach der Zuweisung `xs[1] = "procrastinator"`
`xs` und `zs` verändert, `ys` unverändert

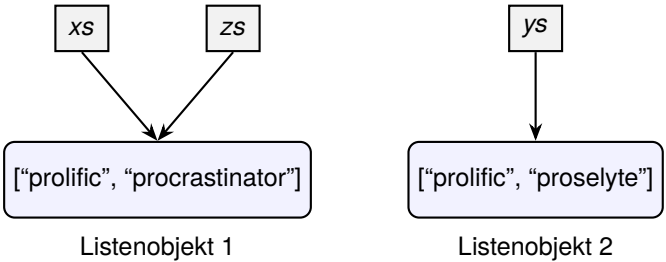
Weitere Operationen auf Listen

Löschen von Listenelement


```
>>> print(" ".join(xs))
prolific procrastinator
>>> del zs[0]
>>> print(" ".join(xs)); print(" ".join(zs))
procrastinator
procrastinator
>>> print(" ".join(ys))
prolific proselyte
```

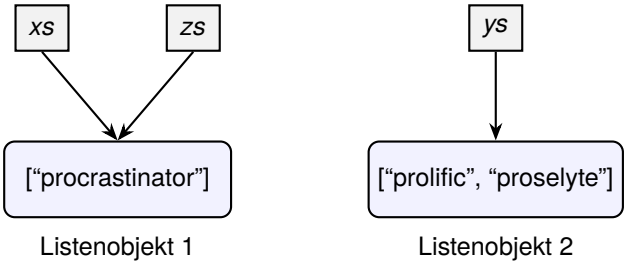
- `del zs[i]` entfernt Position `i` aus der Liste `zs`. Dabei muss `i` ein legaler Index sein.

Löschen von Listenelement (Bild)



vor der Anweisung `del zs[0]`

Löschen von Listenelement (Bild)



nach der Anweisung `del zs[0]`
`xs` und `zs` verändert, `ys` unverändert

Weitere Operationen auf Listen

Anhängen von Listenelementen

UNI FREIBURG


```
>>> print(" ".join(xs))
procrastinator
>>> xs.append("predator") # add a single element at the end
>>> print(" ".join(xs))
procrastinator predator
>>> xs.extend(ys) # add all elements at the end
>>> print(" ".join(xs))
procrastinator predator prolific proselyte
```

- `append()` und `insert()` sind **Methoden** der Klasse `list` und können daher mit allen Listenobjekten verwendet werden.
- Sie verändern jeweils ihr Zielobjekt
- Weitere Methoden: `insert()`, `remove()`, `pop()`, `reverse()`, `sort()`, `clear()` usw.
- Siehe Dokumentation.

Erzeugung von Instanzen

UNI FREIBURG

- Jeder Aufruf der Klasse als Funktion erzeugt eine neue Instanz der Klasse.

```
class Article:
    pass

instance1 = Article()
instance2 = Article()
print(instance1 is instance2, instance1 == instance2)
print(isinstance(instance1, Article) , isinstance(0, Article))
```

Ausgabe: False False True False

Erzeugung von Instanzen

UNI FREIBURG

- Jeder Aufruf der Klasse als Funktion erzeugt eine neue Instanz der Klasse.

```
class Article:
    pass

instance1 = Article()
instance2 = Article()
print(instance1 is instance2, instance1 == instance2)
print(isinstance(instance1, Article) , isinstance(0, Article))
```

Ausgabe: False False True False

- Alle erzeugten Instanzen sind untereinander nicht-identisch und ungleich!

Erzeugung von Instanzen

UNI FREIBURG

- Jeder Aufruf der Klasse als Funktion erzeugt eine neue Instanz der Klasse.

```
class Article:
    pass

instance1 = Article()
instance2 = Article()
print(instance1 is instance2, instance1 == instance2)
print(isinstance(instance1, Article) , isinstance(0, Article))
```

Ausgabe: False False True False

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

Veränderliche Instanzen von Datenklassen

- Erinnerung: Binärbaum

```
>>> from dataclasses import dataclass
>>> from typing import Optional
>>> @dataclass
... class INode:
...     mark  : int
...     left  : Optional['INode'] = None
...     right : Optional['INode'] = None
...
```

Veränderliche Instanzen von Datenklassen

UNI FREIBURG


```
>>> n1, n2 = INode(42), INode(42)
>>> print(n1)
INode(mark=42, left=None, right=None)
>>> n1.mark = 0
>>> print(n1); print(n2)
INode(mark=0, left=None, right=None)
INode(mark=42, left=None, right=None)
```

- Zuweisung an Attribute
- `n1` und `n2` sind unterschiedliche Instanzen. Daher wirkt die Zuweisung `n1.mark = 0` nur auf `n1`.

Veranderliche Instanzen von Datenklassen

UNI FREIBURG


```
>>> n2.left = n1
>>> print(n1); print(n2)
INode(mark=0, left=None, right=None)
INode(mark=42, left=INode(mark=0, left=None, right=None), right=None)
```

```
>>> n2.right = n1
>>> print(n1); print(n2)
INode(mark=0, left=None, right=None)
INode(mark=42, left=INode(mark=0, left=None, right=None), right=INode(mark=0
```

Erinnerung: Unveränderliche Daten

Tupel

UNI FREIBURG


```
>>> xt = (1, 2, 3)
>>> xt[1] = -2
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: 'tuple' object does not support item assignment
```

- Tupel sind *immutable*, sie ändern ihren Wert nicht!

Erinnerung: Unveränderliche Daten

frozen Datenklassen

UNI FREIBURG


```
>>> @dataclass(frozen=True)
... class FNode:
...   mark  : int
...   left  : Optional['FNode'] = None
...   right : Optional['FNode'] = None
...
>>> fn1 = FNode(42)
>>> print(fn1.mark)
42
>>> fn1.mark = 0
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
  File "<string>", line 4, in __setattr__
dataclasses.FrozenInstanceError: cannot assign to field 'mark'
```

- Der Parameter `frozen=True` macht Instanzen einer Datenklasse unveränderlich.

Parameter mit Standardwert und Namen

Einschub: Parameter mit Standardwert

UNI FREIBURG

Die letzten Parameter einer Funktion können einen **Standardwert** haben (im Beispiel der Parameter `y`). Die entsprechenden Argumente dürfen beim Funktionsaufruf weggelassen werden; in dem Fall erhalten die Parameter den Standardwert.

```
>>> def f (x: int, y: int = 0) -> int:
...   return x - y
...
>>> assert f (3, 5) == -2
>>> assert f (3) == 3
```

Einschub: benannte Parameter

UNI FREIBURG

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.