

Informatik I: Einführung in die Programmierung

6. Python-Programme; Sequenzen

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Prof. Dr. Peter Thiemann

30. Oktober 2024

1 Programme schreiben



Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

- Umbrechen, wenn Zeilen zu lang.
- Implizite Fortsetzung mit öffnenden Klammern und Einrückung (siehe PEP8):

Lange Zeilen

```
foo = long_function_name(var_one, var_two,  
                          var_three, var_four)
```

```
def long_function_name(  
    var_one, var_two, var_three,  
    var_four):  
    print(var_one)
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

- Kommentiere dein Programm!
- Programme werden öfter **gelesen** als geschrieben!
- Auch der Programmierer selbst vergisst. . .
- Nicht das Offensichtliche kommentieren, sondern Hintergrundinformationen:
Warum ist das Programm so geschrieben und nicht anders?
- Möglichst in Englisch kommentieren.

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

- Der Rest einer Zeile nach # ist Kommentar.
- Blockkommentare: Zeilen, die jeweils mit # beginnen und genauso wie die restlichen Zeilen eingerückt sind beziehen sich auf die folgenden Zeilen.

Block-Kommentare

```
def fib(n : int) -> int:  
  # this is a double recursive function  
  # runtime is exponential in the argument  
  if n == 0:
```

- Fließtext-Kommentare kommentieren einzelne Zeilen.

Schlechte und gute Kommentare

```
x = x + 1 # Increment x (BAD)  
y = y + 1 # Compensate for border (GOOD)
```

- #-Kommentare sind nur für den Leser.
- `docstring`-Kommentare geben dem Programmierer Informationen.
- Ist der erste Ausdruck in einer Funktion `f` oder einem Programm (Modul) ein String, so wird dieser der *docstring* der Funktion, der beim Aufruf von `help(f)` ausgegeben wird.
- Konvention: Benutze den mit drei `"`-Zeichen eingefassten String, der über mehrere Zeilen gehen kann.

`docstring`

```
def fib(n):  
    """Computes the n-th Fibonacci number.  
    The argument must be a positive integer.  
    """
```

...

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

2 Sequenzen



- Strings
- Listen und Tupel
- Tuple Unpacking

Programme
schreiben

Sequenzen

Strings

Listen und Tupel

Tuple Unpacking

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

Sequenztypen in Python

- Strings — `str`
- Tupel — `tuple`
- Listen — `list`

Programmieren mit Sequenzen

- Gemeinsame Operationen
- Kontrollfluss: Iteration (`for`-Schleifen)

Programme
schreiben

Sequenzen

Strings

Listen und Tupel

Tuple Unpacking

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

- Kennen wir schon...

Programme
schreiben

Sequenzen

Strings

Listen und Tupel

Tuple Unpacking

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

- Sowohl ein **Tupel** als auch eine **Liste** ist eine **Sequenz von Objekten**.
- Tupel werden in runden, Listen in eckigen Klammern notiert:
(2, 1, 0) vs. ["red", "green", "blue"].
- Tupel und Listen können beliebige Objekte enthalten, natürlich auch andere Tupel und Listen:
([18, 20, 22, "Null"], [("spam", [])])
- Die **Typannotation für ein Tupel bzw. eine Liste** soll auch den Typ der Elemente (als **Typparameter** in eckigen Klammern) benennen:

```
st : tuple[str,int,bool] = ("red", 0, True)
fl : list[float] = [3.1415, 1.4142, 2.71828]
ill : list[list[int]] = [[42], [32, 16, 8]]
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Strings

Listen und Tupel

Tuple Unpacking

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

- Klammern um Tupel können weggelassen werden, sofern dadurch keine Mehrdeutigkeit entsteht:

```
>>> mytuple = 2, 4, 5
>>> print(mytuple)
(2, 4, 5)
>>> mylist = [(1, 2), (3, 4)] # Klammern notwendig
>>> onetuple = (42,)
>>> print(onetuple)
(42,)
```

- **Ausnahme:** Ein-elementige Tupel schreiben sich so (42,).

Programme
schreiben

Sequenzen

Strings

Listen und Tupel

Tuple Unpacking

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

- Die Anweisung `a, b = 2, 3` ist eine komponentenweise Zuweisung von *Tupeln* (**Tuple Unpacking** < **Pattern Matching**).
- Gleichwertig zu `a = 2` gefolgt von `b = 3`.
- Tuple Unpacking funktioniert auch mit Listen und Strings und lässt sich sogar schachteln:

```
>>> [a, (b, c), (d, e), f] = (42, (6, 9), "do", [1, 2, 3])
>>> print(a, "*", b, "*", c, "*", d, "*", e, "*", f)
42 * 6 * 9 * d * o * [1, 2, 3]
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Strings

Listen und Tupel

Tuple Unpacking

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

3 Operationen auf Sequenzen



- Verkettung
- Wiederholung
- Indizierung
- Mitgliedschaftstest
- Slicing
- Typkonversion
- Weitere Sequenz-Funktionen

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung

Wiederholung

Indizierung

Mitgliedschaftstest

Slicing

Typkonversion

Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

- Strings, Tupel und Listen haben etwas gemeinsam: Sie enthalten untergeordnete Objekte in einer bestimmten Reihenfolge und erlauben direkten Zugriff auf die einzelnen Komponenten mittels Indizierung.
- Typen mit dieser Eigenschaft heißen **Sequenztypen**, ihre Instanzen **Sequenzen**.

Sequenztypen unterstützen die folgenden Operationen:

Verkettung: `"Gambol" + "putty" == "Gambolputty"`
Wiederholung: `2 * "spam" == "spamspam"`
Indizierung: `"Python"[1] == "y"`
Mitgliedschaftstest: `17 in [11,13,17,19]`
Slicing: `"Monty Python's Flying Circus"[6:12] == "Python"`
Iteration: `for x in "egg"`

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung
Wiederholung
Indizierung
Mitgliedschaftstest
Slicing
Typkonversion
Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

```
>>> print("Gambol" + "putty")
```

```
Gambolputty
```

```
>>> mylist = ["spam", "egg"]
```

```
>>> print(["spam"] + mylist)
```

```
['spam', 'spam', 'egg']
```

```
>>> primes = (2, 3, 5, 7)
```

```
>>> print(primes + primes)
```

```
(2, 3, 5, 7, 2, 3, 5, 7)
```

```
>>> print(mylist + primes)
```

```
Traceback (most recent call last):
```

```
File "<stdin>", line 1, in <module>
```

```
TypeError: can only concatenate list (not "tuple") to list
```

```
>>> print(mylist + list(primes))
```

```
['spam', 'egg', 2, 3, 5, 7]
```

```
>>> print("*" * 20)
*****
>>> print([None, 2, 3] * 3)
[None, 2, 3, None, 2, 3, None, 2, 3]
>>> print(2 * ("Artur", ["est", "mort"]))
('Artur', ['est', 'mort'], 'Artur', ['est', 'mort'])
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung

Wiederholung

Indizierung

Mitgliedschaftstest

Slicing

Typkonversion

Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

- Sequenzen können von vorne und von hinten indiziert werden.
- Bei Indizierung von vorne hat das erste Element den Index 0.
- Zur Indizierung von hinten dienen negative Indizes. Dabei hat das letzte Element den Index -1 .

```
>>> primes = (2, 3, 5, 7, 11, 13)
```

```
>>> print(primes[1], primes[-1])
```

```
3 13
```

```
>>> animal = "parrot"
```

```
>>> animal[-2]
```

```
'o'
```

```
>>> animal[10]
```

```
Traceback (most recent call last):
```

```
  File "<stdin>", line 1, in <module>
```

```
IndexError: string index out of range
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung

Wiederholung

Indizierung

Mitgliedschaftstest

Slicing

Typkonversion

Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

Test auf Mitgliedschaft: Der in-Operator



- `item in seq` (seq ist ein Tupel oder eine Liste):
True, wenn seq das Element item enthält.

- `substring in string` (string ist ein String):
True, wenn string den Teilstring substring enthält.

```
>>> print(2 in [1, 4, 2])
```

```
True
```

```
>>> if "spam" in ("ham", "eggs", "sausage"):
```

```
...     print("tasty")
```

```
...
```

```
>>> print("m" in "spam", "ham" in "spam", "pam" in "spam")
```

```
True False True
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung

Wiederholung

Indizierung

Mitgliedschaftstest

Slicing

Typkonversion

Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

Slicing

Ausschneiden von ‚Scheiben‘ aus einer Sequenz



```
>>> primes = [2, 3, 5, 7, 11, 13]
>>> print(primes[1:4])
[3, 5, 7]
>>> print(primes[:2])
[2, 3]
>>> print("egg, sausage and bacon"[-5:])
bacon
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung
Wiederholung
Indizierung
Mitgliedschaftstest

Slicing
Typkonversion
Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

- `seq[i:j]` liefert den Bereich $[i,j)$, also die Elemente an den Positionen $i, i+1, \dots, j-1$:

```
>>> assert ("do", "re", 5, 7)[1:3] == ("re", 5)
```

- Ohne i beginnt der Bereich an Position 0:

```
>>> assert ("do", "re", 5, 7)[:3] == ("do", "re", 5)
```

- Ohne j endet der Bereich am Ende der Folge:

```
>>> assert ("do", "re", 5, 7)[1:] == ("re", 5, 7)
```

- Der slice Operator `[:]` liefert eine **Kopie** der Folge:

```
>>> assert ("do", "re", 5, 7)[: ] == ("do", "re", 5, 7)
```

Slicing: Erklärung (2)

- Keine Indexfehler beim Slicing. Bereiche ausserhalb der Folge sind leer.

```
>>> "spam" [2:10]
```

```
' am '
```

```
>>> "spam" [-6:3]
```

```
' spa '
```

```
>>> "spam" [7:]
```

```
''
```

- Auch Slicing kann ‚von hinten zählen‘.
Z.B. liefert `seq[-3:]` die drei letzten Elemente.

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung
Wiederholung
Indizierung
Mitgliedschaftstest

Slicing

Typkonversion
Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

`list` und `tuple` konvertieren zwischen den Sequenztypen. `str` liefert Druckversion.

```
>>> tuple([0, 1, 2])
(0, 1, 2)
>>> list(('spam', 'egg'))
['spam', 'egg']
>>> list('spam')
['s', 'p', 'a', 'm']
>>> tuple('spam')
('s', 'p', 'a', 'm')
>>> str(['a', 'b', 'c'])
"['a', 'b', 'c']"
>>> "".join(['a', 'b', 'c'])
'abc'
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung
Wiederholung
Indizierung
Mitgliedschaftstest
Slicing

Typkonversion
Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

Weitere Sequenzoperationen 1



- `sum(seq)`:
Berechnet die Summe einer Zahlensequenz.
- `min(seq), min(x, y, ...)`:
Berechnet das Minimum einer Sequenz (erste Form)
bzw. der Argumente (zweite Form).
 - Sequenzen werden lexikographisch verglichen.
 - Der Versuch, das Minimum konzeptuell unvergleichbarer Typen (etwa Zahlen und Listen) zu bilden, führt zu einem `TypeError`.
- `max(seq), max(x, y, ...)`: \rightsquigarrow analog zu `min`

```
>>> max([1, 23, 42, 5])
42
>>> sum([1, 23, 42, 5])
71
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung

Wiederholung

Indizierung

Mitgliedschaftstest

Slicing

Typkonversion

Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

- `any(seq)`:
Äquivalent zu `elem1 or elem2 or elem3 or ...`, wobei `elemi` die Elemente von `seq` sind und nur `True` oder `False` zurück geliefert wird.
- `all(seq)`: \rightsquigarrow analog zu `any`, aber mit `elem1 and elem2 and elem3 and ...`

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung

Wiederholung

Indizierung

Mitgliedschaftstest

Slicing

Typkonversion

Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

- `len(seq)`:
Berechnet die Länge einer Sequenz.
- `sorted(seq)`:
Liefert eine Liste, die dieselben Elemente hat wie `seq`, aber (stabil) sortiert ist.

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Verkettung

Wiederholung

Indizierung

Mitgliedschaftstest

Slicing

Typkonversion

Weitere Sequenz-
Funktionen

Iteration

4 Iteration



- Nützliche Funktionen
- Beispiele

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

Nützliche
Funktionen
Beispiele

Iteration

Durchlaufen von Sequenzen mit der `for`-Schleife



```
>>> primes = (2, 3, 5, 7)
>>> product = 1
>>> for number in primes:
...     product = product * number
...
>>> print(product)
210
```

Visualisierung

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

Nützliche
Funktionen
Beispiele

Iteration (2)

for funktioniert mit allen Sequenztypen



```
>>> for character in "spam":
...     print(character * 2)
...
ss
pp
aa
mm
>>> for ingredient in ("spam", "spam", "egg"):
...     if ingredient == "spam":
...         print("tasty!")
...
tasty!
tasty!
```

Programme
schreiben

Sequenzen

Operationen
auf
Sequenzen

Iteration

Nützliche
Funktionen
Beispiele

- ```
1 for var in expr:
2 suite
```
- **for** und **in** sind Schlüsselworte
  - Zeile 1: **Schleifenkopf**
  - Zeile 2-: **Schleifenrumpf** `suite` eingerückter Block von Anweisungen
  - **Schleifenvariable**: `var` im Schleifenkopf
  - **(Schleifen-) Iteration**: ein Durchlauf (Ausführung) des Schleifenrumpfs

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

**Iteration**

Nützliche  
Funktionen  
Beispiele

Die drei folgenden Anweisungen beeinflussen den Ablauf der Schleife:

- **break** im Schleifenrumpf beendet die Schleife vorzeitig.
- **continue** im Schleifenrumpf beendet die aktuelle Schleifeniteration vorzeitig, d.h. springt zum Schleifenkopf und setzt die Schleifenvariable auf den nächsten Wert.
- Schleifen können einen **else**-Block haben. Dieser wird nach Beendigung der Schleife ausgeführt, und zwar genau dann, wenn die Schleife *nicht* mit **break** verlassen wurde.

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen  
Beispiele

# break, continue und else: Beispiel



```
>>> foods_and_amounts = [("sausage", 2), ("eggs", 0),
... ("spam", 2), ("ham", 1)]

>>> for fa in foods_and_amounts:
... food, amount = fa
... if amount == 0:
... continue
... if food == "spam":
... print(amount, "tasty piece(s) of spam.")
... break
... else:
... print("No spam!")
...
2 tasty piece(s) of spam.
```

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen  
Beispiele

Einige Funktionen tauchen häufig im Zusammenhang mit `for`-Schleifen auf:

- `range`
- `zip`
- `reversed`

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen  
Beispiele



- Konzeptuell erzeugt range eine Folge von Indizes für Schleifendurchläufe:
  - `range(stop)` ergibt  
0, 1, ..., stop-1
  - `range(start, stop)` ergibt  
start, start+1, ..., stop-1
  - `range(start, stop, step)` ergibt  
start, start + step, start + 2 \* step, ..., start + i \* step  
solange stop - (start + i \* step) > 0 (für step > 0).
  - Entsprechendes gilt für step < 0.
- range erzeugt *keine* Liste oder Tupel, sondern einen sog. **Iterator** (später).

# range: Beispiele

```
>>> range(5)
range(0, 5)
>>> range(3, 30, 10)
range(3, 30, 10)
>>> list(range(3, 30, 10))
[3, 13, 23]
>>> for i in range(3, 6):
... print(i, "** 3 =", i ** 3)
...
3 ** 3 = 27
4 ** 3 = 64
5 ** 3 = 125
```

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen  
Beispiele

- Die Funktion `zip` nimmt eine oder mehrere Sequenzen und liefert eine Sequenz von Tupeln mit korrespondierenden Elementen.
- Auch `zip` erzeugt keine Liste, sondern einen Iterator; `list` erzeugt daraus eine richtige Liste.

```
>>> meat = ["spam", "ham", "bacon"]
>>> sidedish = ["spam", "pasta", "chips"]
>>> print(list(zip(meat,sidedish)))
[('spam', 'spam'), ('ham', 'pasta'), ('bacon', 'chips')]
```

## zip (2)

- zip ist nützlich, um mehrere Sequenzen parallel zu durchlaufen:

```
>>> for xyz in zip("ham", "spam", range(5, 10)):
... x, y, z = xyz
... print(x, y, z)
...
h s 5
a p 6
m a 7
```

- Sind die Eingabesequenzen unterschiedlich lang, ist das Ergebnis so lang wie die kürzeste Eingabe.

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen  
Beispiele

- Die Funktion `reversed` ermöglicht das Durchlaufen einer Sequenz in umgekehrter Richtung.

```
>>> for x in reversed("ham"):
... print(x)
...
m
a
h
```

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen  
Beispiele

## Fakultätsfunktion

Zu einer positiven ganzen Zahl soll die Fakultät berechnet werden.

$$0! = 1 \qquad (n + 1)! = (n + 1) \cdot n! \qquad (1)$$

## Schritt 1: Bezeichner und Datentypen

Entwickle eine Funktion `factorial`, die die Fakultät einer positiven ganzen Zahl berechnet. Eingabe ist

- `n : int` (mit `n >= 0`)

Ausgabe ist ein `int`.

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen

Beispiele

## Schritt 2: Funktionsgerüst

```
def factorial(
 n : int # assume n >= 0
) -> int:
 # fill in
 return
```

## Schritt 3: Beispiele

```
assert factorial(0) == 1
assert factorial(1) == 1
assert factorial(3) == 6
```

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen

Beispiele

```
def factorial(
 n : int
) -> int:
 result = 1
 # result == 0!
 for i in range(n):
 # result == i!
 result = (i + 1) * result
 # result == (i+1)!
 return result
```

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen

Beispiele



## Produkt einer Liste

Aus einer Liste von ganzen Zahlen soll das Produkt berechnet werden.

### Schritt 1: Bezeichner und Datentypen

Entwickle eine Funktion `product`, die das Produkt einer Liste von ganzen Zahlen berechnet. Eingabe ist

- `xs : list[int]`

Ausgabe ist wieder eine Zahl `int`, das Produkt der Elemente der Eingabe.

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen

Beispiele

## Schritt 2: Funktionsgerüst

```
def product(
 xs : list[int]
) -> int:
 # fill in
 return
```

## Schritt 3: Beispiele

```
assert(product([]) == 1)
assert(product([42]) == 42)
assert(product([3,2,1]) == 6)
assert(product([1,-1,1]) == -1)
```

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen

Beispiele

Ist ein Argument eine Sequenz (Liste, Tupel, String, ...), dann ist es naheliegend, dass diese Sequenz durchlaufen wird.

```
def product(
 xs : list[int]
) -> int:
 # fill in
 for x in xs:
 ... # fill in action for each element
 return
```

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen

Beispiele

```
def product(
 xs : list[int]
) -> int:
 result = 1 # product([])
 for x in xs:
 result = result * x
 return result
```

```
assert(product([]) == 1)
assert(product([42]) == 42)
assert(product([3,2,1]) == 6)
assert(product([1,-1,1]) == -1)
```

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen

Beispiele

- **Sequenzen**: Oberbegriff für Strings, Tupel und Listen
- Die Typen von Tupeln und Listen haben Typparameter, mit denen der Typ der Elemente angegeben wird.
- Listen sind veränderlich, Tupel nicht
- Zuweisung an mehrere Variable mit **Tuple unpacking**
- Sequenzoperationen: Verkettung, Wiederholung, Indizierung, Mitgliedschaft, Slicing und Iteration
- Iteration mit der `for`-Schleife
- Checkliste für Programmierung mit Iteration

Programme  
schreiben

Sequenzen

Operationen  
auf  
Sequenzen

Iteration

Nützliche  
Funktionen  
Beispiele