

Informatik I: Einführung in die Programmierung

12. Funktionsaufrufe & Ausnahmebehandlung

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Bernhard Nebel

18. November 2013



Stil-Konventionen

- Wir haben immer mal wieder gesehen, dass es Stil-Vorgaben für Python gibt: PEP8, siehe <http://www.python.org/dev/peps/pep-0008/>
 - Sehr wichtige, wie keine Mischung von Tabs und Leerzeichen
 - Ästhetische, wie die Platzierung von Leerzeichen
 - Vereinheitlichende, wie die Schreibweise von Variablen, Funktionen usw.
- Benutzen Sie einen **Stil-Checker!**
- Online: Z.B. <http://pep8online.com>
- Offline:
 - 1 Installieren Sie den Python-Package-Manager pip3:
<http://www.pip-installer.org/en/latest/installing.html>
 - 2 dann das Paket pep8: `pip3 install pep8`

1 PEP8: Der Stil-Checker



UNI
FREIBURG

PEP8: Der
Stil-Checker

Funktions-
aufrufe

Ausnahme-
behandlung

2 Funktionsaufrufe



UNI
FREIBURG

PEP8: Der
Stil-Checker

Funktions-
aufrufe

Benannte
Argumente

Default-Argumen-
te

Variable
Argumentenliste

Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahme-
behandlung

- Benannte Argumente
- Default-Argumente
- Variable Argumentenliste
- Erweiterte Aufrufsyntax

- Funktionen wie `min` und `max` akzeptieren eine **variable Anzahl** an Argumenten.
- Funktionen wie der `dict`-Konstruktor oder die `sort`-Methode von Listen akzeptieren sogenannte **benannte Argumente**.
- Beides können wir auch in selbst definierten Funktionen verwenden.
- Bevor wir dazu kommen, wollen wir erst einmal beschreiben, was benannte Argumente sind.

- Betrachten wir folgende Funktion:

```
def power(base, exponent):  
    return base ** exponent
```
- Bisher haben wir solche Funktionen immer so aufgerufen:

```
power(2, 10) # 1024.
```
- Tatsächlich geht es aber auch anders:

```
power(base=2, exponent=10) # 1024.  
power(2, exponent=10) # 1024.  
power(exponent=10, base=2) # 1024.
```

- Zusätzlich zu ‚normalen‘ (sog. **positionalen**) Argumenten können beim Funktionsaufruf auch **benannte** Argumente mit der Notation `var=wert` übergeben werden.
- `var` muss dabei der Name eines Parameters der aufgerufenen Funktion sein:

Python-Interpreter

```
>>> def power(base, exponent):  
...     return base ** exponent  
...  
>>> power(x=2, y=10)  
Traceback (most recent call last): ...  
TypeError: power() got an unexpected keyword argument  
'x'
```

- Benannte Argumente müssen am Ende der Argumentliste (also nach positionalen Argumenten) stehen:

Python-Interpreter

```
>>> def power(base, exponent):  
...     return base ** exponent  
...  
>>> power(base=2, 10)  
SyntaxError: non-keyword arg after keyword arg
```

Benannte Argumente (4)



PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Benannte Argumente
Default-Argumente
Variable Argumentenliste
Erweiterte Aufrufsyntax
Ausnahmebehandlung

- Ansonsten dürfen benannte Argumente beliebig verwendet werden.
- Insbesondere ist ihre Reihenfolge vollkommen beliebig.
- Konvention:
Während man bei Zuweisungen allgemein Leerzeichen vor und nach das Gleichheitszeichen setzt, tut man dies bei benannten Argumenten nicht — auch um deutlich zu machen, dass hier *keine Zuweisung* im normalen Sinne stattfindet, sondern nur eine ähnliche Syntax benutzt wird.

18. November 2013

B. Nebel – Info I

11 / 36

Achtung bei veränderlichen Default-Argumenten (1)



PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Benannte Argumente
Default-Argumente
Variable Argumentenliste
Erweiterte Aufrufsyntax
Ausnahmebehandlung

- Default-Argumente werden nur einmal ausgewertet (zum Zeitpunkt der Funktionsdefinition), nicht bei jedem Aufruf.
- Mutiert man daher ein Default-Argument, hat das Auswirkungen auf spätere Funktionsaufrufe:

```
mutable_default_arg.py
def test(spam, egg=[]):
    egg.append(spam) # entspricht egg += [spam]
    print(egg)

test("parrot")      # Ausgabe: ['parrot']
test("fjord")       # Ausgabe: ['parrot', 'fjord']
```

18. November 2013

B. Nebel – Info I

13 / 36

Default-Argumente



PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Benannte Argumente
Default-Argumente
Variable Argumentenliste
Erweiterte Aufrufsyntax
Ausnahmebehandlung

- Besonders interessant sind benannte Argumente in Zusammenhang mit **Default-Argumenten**:

```
def power(base, exponent=2, debug=False):
    if debug:
        print(base, exponent)
    return base ** exponent
```

- Default-Argumente können beim Aufruf weggelassen werden und bekommen dann einen bestimmten Wert zugewiesen.
- Zusammen mit benannten Argumenten:

power(10)	# 100.
power(10, 3, False)	# 1000.
power(10, debug=True)	# 10 2; 100.
power(debug=True, base=4)	# 4 2; 16.

18. November 2013

B. Nebel – Info I

12 / 36

Achtung bei veränderlichen Default-Argumenten (2)



PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Benannte Argumente
Default-Argumente
Variable Argumentenliste
Erweiterte Aufrufsyntax
Ausnahmebehandlung

- Aus diesem Grund sollte man in der Regel keine veränderlichen Default-Argumente verwenden.
Das übliche Idiom ist das Folgende:

```
mutable_default_arg_corrected.py
def test(spam, egg=None):
    if egg is None:
        egg = []
    egg.append(spam)
    print(egg)

test("parrot")      # Ausgabe: ['parrot']
test("fjord")       # Ausgabe: ['fjord']
```

- Manchmal sind veränderliche Default-Argumente allerdings gewollt, etwa zur Implementation von *memoization*.

18. November 2013

B. Nebel – Info I

14 / 36

Variable Argumentlisten



- Das letzte fehlende Puzzlestück sind **variable Argumentlisten**.
Mit diesen kann man Funktionen definieren, die beliebig viele positionale Argumente, beliebig viele benannte Argumente, oder beides unterstützen.
- Die Idee ist ganz einfach: Alle ‚überzähligen‘ positionalen Parameter werden in ein Tupel, alle überzähligen benannten Argumente in ein Dictionary gepackt.
- Notation:
 - `def f(x, xy, *spam):`
f benötigt mindestens zwei Argumente. Weitere positionale Argumente werden im Tupel `spam` übergeben.
 - `def f(x, **egg):`
f benötigt mindestens ein Argument. Weitere benannte Argumente werden im Dictionary `egg` übergeben.
- „Gesternte“ Parameter müssen am Ende der

18. November 2013

B. Nebel – Info I

15 / 36

PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Benannte Argumente
Default-Argumente
Variable Argumentenliste
Erweiterte Aufrufsyntax
Ausnahmebehandlung

Variable Argumentlisten: Beispiel (1)



PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Benannte Argumente
Default-Argumente
Variable Argumentenliste
Erweiterte Aufrufsyntax
Ausnahmebehandlung

varargs.py

```
def v(spam, *argtuple, **argdict):  
    print(spam, argtuple, argdict)  
  
v(0)          # 0 () {}  
v(1, 2, 3)    # 1 (2, 3) {}  
v(1, ham=10)  # 1 () {'ham': 10}  
v(ham=1, jam=2, spam=3) # 3 () {'jam': 2, 'ham': 1}  
v(1, 2, ham=3, jam=4) # 1 (2,) {'jam': 4, 'ham': 3}
```

18. November 2013

B. Nebel – Info I

16 / 36

Variable Argumentlisten: Beispiel (2)



PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Benannte Argumente
Default-Argumente
Variable Argumentenliste
Erweiterte Aufrufsyntax
Ausnahmebehandlung

```
vararg_examples.py  
  
def product(*numbers):  
    result = 1  
    for num in numbers:  
        result *= num  
    return result  
  
def make_pairs(**argdict):  
    return list(argdict.items())  
  
print(product(5, 6, 7))  
# Ausgabe: 210  
  
print(make_pairs(spam="nice", egg="ok"))  
# Ausgabe: [('egg', 'ok'), ('spam', 'nice')]
```

18. November 2013

B. Nebel – Info I

17 / 36

Erweiterte Aufrufsyntax



PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Benannte Argumente
Default-Argumente
Variable Argumentenliste
Erweiterte Aufrufsyntax
Ausnahmebehandlung

- Die Notationen `*argtuple` und `**argdict` können nicht nur in Funktionsdefinitionen verwendet werden, sondern auch in *Funktionsaufrufen*.
- Dabei bedeutet beispielsweise
`f(1, x=2, *argtuple, **argdict)`, dass als positionale Argumente eine 1 gefolgt von den Elementen aus `argtuple` und als benannte Argumente `x=2` sowie die Paare aus `argdict` übergeben werden.
- Man nennt dies die **erweiterte Aufrufsyntax**.

18. November 2013

B. Nebel – Info I

18 / 36

Erweiterte Aufrufsyntax: Beispiel



- Eine nützliche Anwendung der erweiterten Aufrufsyntax besteht darin, die eigenen Argumente an eine andere Funktion weiterzureichen, ohne deren genaue Aufrufkonvention zu kennen. Beispiel:

```
def my_function(*argtuple, **argdict):  
    print("Arguments for other_function:", end=' ')  
    print(argtuple, argdict)  
    result = other_function(*argtuple, **argdict)  
    print("other_function returns:", result, end=' ')  
    return result
```

PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Benannte Argumente
Default-Argumente
Variable Argumentenliste
Erweiterte Aufrufsyntax
Ausnahmebehandlung

- In etwas verfeinerter Form wird diese Idee häufig bei sogenannten *Dekoratoren* verwendet, die wir hier aber (noch) nicht diskutieren wollen.

Ausnahmen (1)



- In vielen unserer Beispiele sind uns *Tracebacks* wie der folgende begegnet:

Python-Interpreter

```
>>> print({"spam": "egg"}["parrot"])  
Traceback (most recent call last): ...  
KeyError: 'parrot'
```

- Bisher konnten wir solchen Fehlern weder abfangen noch selbst entsprechende Fehler melden. Das wollen wir jetzt ändern.

PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Ausnahmebehandlung
Ausnahmen
try-except-Blöcke
try-except-else-Blöcke
try-finally-Blöcke
Verwendung von Ausnahmen
Ausnahmehierarchie
raise-Anweisung
assert-Anweisung

3 Ausnahmebehandlung



- Ausnahmen
- try-except-Blöcke
- try-except-else-Blöcke
- try-finally-Blöcke
- Verwendung von Ausnahmen
- Ausnahmehierarchie
- raise-Anweisung
- assert-Anweisung

PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Ausnahmebehandlung
Ausnahmen
try-except-Blöcke
try-except-else-Blöcke
try-finally-Blöcke
Verwendung von Ausnahmen
Ausnahmehierarchie
raise-Anweisung
assert-Anweisung

Ausnahmen (2)



- Ebenso wie viele andere moderne Sprachen kennt Python das Konzept der **Ausnahmebehandlung** (**exception handling**).
- Wird eine Funktion mit einer Situation konfrontiert, mit der sie nichts anfangen kann, kann sie eine Ausnahme signalisieren.
- Die Funktion wird dann beendet und es wird solange zur jeweils aufrufenden Funktion zurückgekehrt, bis sich eine Funktion findet, die mit der Ausnahmesituation umgehen kann.
- Zur Ausnahmebehandlung dienen in Python die Anweisungen `raise`, `try`, `except`, `finally` und `else`.

PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Ausnahmebehandlung
Ausnahmen
try-except-Blöcke
try-except-else-Blöcke
try-finally-Blöcke
Verwendung von Ausnahmen
Ausnahmehierarchie
raise-Anweisung
assert-Anweisung

try-except-Blöcke



- Funktionen, die Ausnahmen behandeln wollen, verwenden dafür **try-except**-Blöcke, die wie in folgendem Beispiel aufgebaut sind:

```
try:  
    call_critical_code()  
except NameError as e:  
    print("Sieh mal einer an:", e)  
except KeyError:  
    print("Oops! Ein KeyError!")  
except (IOError, OSError):  
    print("Na sowas!")  
except:  
    print("Ich verschwinde lieber!")  
    raise
```

18. November 2013

B. Nebel – Info I



24 / 36

except-Spezifikationen (1)

- Das Beispiel zeigt, dass es verschiedene Arten gibt, except-Spezifikationen zu schreiben:
 - Die normale Form ist `except XYError as e`. Ein solcher Block wird ausgeführt, wenn innerhalb des `try`-Blocks eine **Ausnahme** `XYError` auftritt und weist der Variablen `e` die Ausnahme zu.
 - Interessiert die Ausnahme nicht im Detail, kann die Variable auch weggelassen werden, also die Notation `except XYError` verwendet werden.
 - Bei beiden Formen kann man auch mehrere Ausnahmetypen gemeinsam behandeln, indem man diese in ein Tupel schreibt, also z.B. `except (XYError, YZError) as e`.
 - Schließlich gibt es noch die Form `except` ohne weitere Angaben, die beliebige Ausnahmen behandelt. **Vorsicht:** Es werden dann auch CTRL-C-Ausnahmen abgefangen! Besser ist, den Ausnahmetyp `Exception` in dem Fall zu benutzen.

18. November 2013

B. Nebel – Info I



25 / 36

except-Spezifikationen (2)



- except-Blöcke werden der Reihe nach abgearbeitet, bis der erste passende Block gefunden wird (falls überhaupt einer passt).
- Die Reihenfolge ist also wichtig; unspezifische except-Blöcke sind nur als letzter Test sinnvoll.
- Stellt sich innerhalb eines except-Blocks heraus, dass die Ausnahme nicht vernünftig behandelt werden kann, kann sie mit einer **raise-Anweisung** ohne Argument weitergereicht werden (kommt gleich).

18. November 2013

B. Nebel – Info I



26 / 36

try – except – else

- Ein try-except-Block kann mit einem `else`-Block abgeschlossen werden, der ausgeführt wird, falls im `try`-Block **keine Ausnahme** ausgelöst wurde:

```
try:  
    call_critical_code()  
except IOError:  
    print("IOError!")  
else:  
    print("Keine Ausnahme")
```

18. November 2013

B. Nebel – Info I



27 / 36

try-finally-Blöcke



- Manchmal kann man Ausnahmen nicht behandeln, möchte aber darauf reagieren – etwa um Netzwerkverbindungen zu schließen oder andere Ressourcen freizugeben.
- Dazu dient die **try-finally-Konstruktion**:

```
try:  
    call_critical_code()  
finally:  
    print("Das letzte Wort habe ich!")
```

- Der `finally`-Block wird *auf jeden Fall* ausgeführt, wenn der `try`-Block betreten wird, egal ob Ausnahmen auftreten oder nicht. Auch bei einem `return` im `try`-Block wird der `finally`-Block vor Rückgabe des Resultats ausgeführt.

PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Ausnahmebehandlung
Ausnahmen
try-except-Blöcke
try-except-else-Blöcke
try-finally-Blöcke
Verwendung von Ausnahmen
Ausnahmehierarchie
raise-Anweisung
assert-Anweisung

Beispiel

kaboom.py

```
def kaboom(x, y):  
    print(x + y)  
  
def tryout():  
    kaboom("abc", [1, 2])  
  
try:  
    tryout()  
except TypeError as e:  
    print("Hello world", e)  
else:  
    print("All OK")  
finally:  
    print("Cleaning up")  
print("Resuming ...")
```



PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Ausnahmebehandlung
Ausnahmen
try-except-Blöcke
try-except-else-Blöcke
try-finally-Blöcke
Verwendung von Ausnahmen
Ausnahmehierarchie
raise-Anweisung
assert-Anweisung

Verwendung von Ausnahmen in Python



- Ausnahmen sind in Python allgegenwärtig. Da Ausnahmebehandlung im Vergleich zu anderen Programmiersprachen einen relativ geringen Overhead erzeugt, wird sie oft in Situationen eingesetzt, in denen man sie durch zusätzliche Tests vermeiden könnte.
- Man spricht vom **EAFF-Prinzip**:
„It's easier to ask for forgiveness than permission.“
- Der Gegensatz ist das **LBYL-Prinzip**: *Look before you leap*, d.h. teste Vorbedingung, bevor eine Operation durchgeführt wird (in Sprachen wie C).

PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Ausnahmebehandlung
Ausnahmen
try-except-Blöcke
try-except-else-Blöcke
try-finally-Blöcke
Verwendung von Ausnahmen
Ausnahmehierarchie
raise-Anweisung
assert-Anweisung

Beispiele: EAFF und LBYL:

EAFF

```
try:  
    x = my_dict["key"]  
except KeyError:  
    # handle missing key
```

LBYL

```
if "key" in my_dict:  
    x = my_dict["key"]  
else:  
    # handle missing key
```



PEP8: Der Stil-Checker
Funktionsaufrufe
Ausnahmebehandlung
Ausnahmen
try-except-Blöcke
try-except-else-Blöcke
try-finally-Blöcke
Verwendung von Ausnahmen
Ausnahmehierarchie
raise-Anweisung
assert-Anweisung

Ausnahmehierarchie



UNI
FREIBURG

- Python enthält eine große Zahl an Ausnahmetypen. Ein Überblick findet sich hier: <http://docs.python.org/3.4/library/exceptions.html>
- ```
//docs.python.org/3.4/library/exceptions.html
BaseException
 --- SystemExit
 --- KeyboardInterrupt
 --- GeneratorExit
 --- Exception
 --- StopIteration
 --- ArithmeticError
 | --- FloatingPointError
 | --- OverflowError
 | --- ZeroDivisionError
 .
 .
.
```

PEP8: Der Stil-Checker  
Funktionsaufrufe  
Ausnahmehandlung  
Ausnahmen  
try-except-Blöcke  
try-except-else-Blöcke  
try-finally-Blöcke  
Verwendung von Ausnahmen  
Ausnahmehierarchie  
raise-Anweisung  
assert-Anweisung

18. November 2013

B. Nebel – Info I

32 / 36

## Die raise-Anweisung



UNI  
FREIBURG

- Mit der `raise`-Anweisung kann eine **Ausnahme signalisiert** (ausgelöst, geschmissen) werden.
- Dazu verwendet man `raise` zusammen mit der Angabe einer Ausnahme (beispielsweise `IndexError` oder `NameError`):  

```
raise KeyError("Fehlerbeschreibung")
```
- Die Beschreibung kann auch weggelassen werden; die Form `raise KeyError()` ist also auch zulässig.
- Auch die Notation `raise KeyError` ist erlaubt.
- `raise` alleine benutzt man, wenn man in einer Ausnahme „weiter reichen“ möchte.
- Mit `raise Exception from e` kann man eine eigene Ausnahme innerhalb einer Ausnahme signalisieren, die dann auch extra angezeigt wird.

PEP8: Der Stil-Checker  
Funktionsaufrufe  
Ausnahmehandlung  
Ausnahmen  
try-except-Blöcke  
try-except-else-Blöcke  
try-finally-Blöcke  
Verwendung von Ausnahmen  
Ausnahmehierarchie  
raise-Anweisung  
assert-Anweisung

18. November 2013

B. Nebel – Info I

34 / 36

## Eigene Ausnahmen



UNI  
FREIBURG

PEP8: Der Stil-Checker  
Funktionsaufrufe  
Ausnahmehandlung  
Ausnahmen  
try-except-Blöcke  
try-except-else-Blöcke  
try-finally-Blöcke  
Verwendung von Ausnahmen  
Ausnahmehierarchie  
raise-Anweisung  
assert-Anweisung

Als kleiner Vorgriff auf die Diskussion von **Klassen** hier das Kochrezept zum Definieren eigener Ausnahmen:

```
class MyException(BaseClass):
 pass
```

- `MyException` kann dann genauso verwendet werden wie eingebaute Ausnahmen, z.B. `IndexError`.
- Für `BaseClass` wird man meist `Exception` wählen, aber natürlich eignen sich auch andere Ausnahmetypen.
- Nebenbemerkung: `pass` ist die Python-Anweisung für ‚tue nichts‘.

18. November 2013

B. Nebel – Info I

33 / 36

## Die assert-Anweisung



UNI  
FREIBURG

PEP8: Der Stil-Checker  
Funktionsaufrufe  
Ausnahmehandlung  
Ausnahmen  
try-except-Blöcke  
try-except-else-Blöcke  
try-finally-Blöcke  
Verwendung von Ausnahmen  
Ausnahmehierarchie  
raise-Anweisung  
assert-Anweisung

- Mit der `assert`-Anweisung macht man eine **Zusicherung**:  
`assert test [, data]`

- Dies ist nichts anderes als eine **konditionale raise-Anweisung**:

```
if __debug__:
 if not test:
 raise AssertionError(data)
```

- `__debug__` ist eine globale Variable, die normalerweise `True` ist.
- Wird Python mit der Option `-O` gestartet, wird `__debug__` auf `False` gesetzt.

18. November 2013

B. Nebel – Info I

35 / 36

## Zusammenfassung



- Es ist möglich, **benannte Argumente** beim Aufruf einer Funktion anzugeben.
- Speziell **Default-Argumenten** erhalten so einen Wert.
- **Variable Argumentenlisten** (mit \* und \*\*) erlauben einen weiteren Freiheitsgrad bei der Angabe der Argumente.
- Auch beim Aufruf kann die \* und \*\*-Notation benutzt werden.
- **Ausnahmen** sind in Python allgegebenwähig.
- Diese können mit **try, except, else** und **finally** abgefangen und **behandelt** werden.
- In Python verfolgt man die die **EAFP-Strategie** (statt LBYL), und behandelt lieber Ausnahmen als sie zu vermeiden.
- Mit **raise** und **assert** kann man eigene Ausnahmen auslösen.

PEP8: Der Stil-Checker  
Funktionsaufrufe  
Ausnahmebehandlung  
Ausnahmen  
try-except-Blöcke  
try-except-else-Blöcke  
try-finally-Blöcke  
Verwendung von Ausnahmen  
Ausnahmehierarchie  
raise-Anweisung  
assert-Anweisung