

# Informatik I: Einführung in die Programmierung

## 14. Funktionsaufrufe & Ausnahmebehandlung

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Bernhard Nebel

28. November 2017

# 1 Flake8: Der Stil-Checker



Flake8: Der  
Stil-Checker

Funktions-  
aufrufe

Ausnahme-  
behandlung

28. November 2017

B. Nebel – Info I

3 / 38

## Stil-Konventionen



Flake8: Der  
Stil-Checker

Funktions-  
aufrufe

Ausnahme-  
behandlung

- 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!**
  - 1 Installieren Sie den Python-Package-Manager pip: <http://www.pip-installer.org/en/latest/installing.html> (sollte aber bereits da sein!)
  - 2 dann das Paket flake8: `pip install flake8`
  - 3 Bei verschiedenen Python-Versionen: `python<version> -m pip install flake8`

28. November 2017

B. Nebel – Info I

4 / 38

## Einsatz des Stil-Checkers



Flake8: Der  
Stil-Checker

Funktions-  
aufrufe

Ausnahme-  
behandlung

- Aufruf in der Shell: `flake8 <Dateiname>`
- *Dateiname* kann auch ein Ordner sein, dann werden alle Dateien im Ordner überprüft.
- Bei verschiedenen Python-Versionen:  
`python<Version> -m flake8 ...`
- Typische Ausgaben:

```
flake.py:1:1: D205 1 blank line required between summary ...
flake.py:7:1: E302 expected 2 blank lines, found 1
flake.py:15:8: F821 undefined name '_tree'
flake.py:26:1: E305 expected 2 blank lines after ...
```

- Durch Installation von `flake8-docstring` können die Docstring-Konventionen überprüft werden.
- Man kann die Tests konfigurieren:  
<http://flake8.pycqa.org/en/latest/user/configuration.html>

28. November 2017

B. Nebel – Info I

5 / 38

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

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Benannte Argumente  
Default-Parameterwerte  
Variable Argumentenliste  
Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

- 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.

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Benannte Argumente  
Default-Parameterwerte  
Variable Argumentenliste  
Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

- 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.
```

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Benannte Argumente  
Default-Parameterwerte  
Variable Argumentenliste  
Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

- 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'
```

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Benannte Argumente  
Default-Parameterwerte  
Variable Argumentenliste  
Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

## Benannte Argumente (3)



- 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
```

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Benannte Argumente

Default-Parameterwerte

Variable Argumentenliste

Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

## Benannte Argumente (4)



- 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.

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Benannte Argumente

Default-Parameterwerte

Variable Argumentenliste

Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

## Default-Parameterwerte



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

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

- Parameter mit Defaultwerten können beim Aufruf weggelassen werden und bekommen dann den Defaultwert 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.
```

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Benannte Argumente

Default-Parameterwerte

Variable Argumentenliste

Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

## Reihenfolge von Parametern mit Defaultwerten



- Wenn Parameter mit Defaultwerten verwendet werden, dann immer als die letzten Parameter!
- Ansonsten ist nicht klar, ob ein Argument weggelassen wurde oder nicht!

### Python-Interpreter

```
>>> def f(p1, p2=None, p3, p4=0):
...     pass
SyntaxError: non-default argument follows ...
```

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Benannte Argumente

Default-Parameterwerte

Variable Argumentenliste

Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

- Defaultwerte werden nur einmal ausgewertet (zum Zeitpunkt der Funktionsdefinition), nicht bei jedem Aufruf.
- Mutiert man daher einen Defaultwert, 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']
```

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe  
Benannte Argumente  
Default-Parameterwerte  
Variable Argumentenliste  
Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

- Aus diesem Grund sollte man in der Regel keine veränderlichen Defaultwerte 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 Defaultwerte allerdings gewollt, etwa zur Implementation von *memoization*.

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe  
Benannte Argumente  
Default-Parameterwerte  
Variable Argumentenliste  
Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

- Das letzte fehlende Puzzlestück sind **variable Argumentlisten**. Mit diesen kann man Funktionen definieren, die beliebig viele positionale Argumente und beliebig viele benannte Argumente unterstützen.
- Die Idee: 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.
- 'Gesterne' Parameter müssen am Ende der Argumentliste stehen, wobei `*spam` vor `**egg` stehen

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe  
Benannte Argumente  
Default-Parameterwerte  
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}
```

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe  
Benannte Argumente  
Default-Parameterwerte  
Variable Argumentenliste  
Erweiterte Aufrufsyntax

Ausnahmebehandlung

## Variable Argumentlisten: Beispiel (2)



```
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')]
```

Flake8: Der  
Stil-Checker

Funktions-  
aufrufe

Benannte  
Argumente  
Default-  
Parameterwerte

Variable  
Argumentenliste

Erweiterte  
Aufrufsyntax

Ausnahme-  
behandlung

## Erweiterte Aufrufsyntax



- 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**.

Flake8: Der  
Stil-Checker

Funktions-  
aufrufe

Benannte  
Argumente  
Default-  
Parameterwerte

Variable  
Argumentenliste

Erweiterte  
Aufrufsyntax

Ausnahme-  
behandlung

## 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
```

Flake8: Der  
Stil-Checker

Funktions-  
aufrufe

Benannte  
Argumente  
Default-  
Parameterwerte

Variable  
Argumentenliste

Erweiterte  
Aufrufsyntax

Ausnahme-  
behandlung

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

## 3 Ausnahmebehandlung



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

Flake8: Der  
Stil-Checker

Funktions-  
aufrufe

Ausnahme-  
behandlung

Ausnahmen  
`try-except`-  
Blöcke

`try-except-else`-  
Blöcke

`try-finally`-  
Blöcke

Verwendung von  
Ausnahmen  
Ausnahmehierarchie

`raise`-Anweisung  
`assert`-Anweisung

## 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.

## 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`.

## 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
```

## 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.

## 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).

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Ausnahmebehandlung

Ausnahmen  
try-except-Blöcke

try-except-else-Blöcke

try-finally-Blöcke

Verwendung von Ausnahmen

Ausnahmhierarchie  
raise-Anweisung  
assert-Anweisung

## 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")
```

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Ausnahmebehandlung

Ausnahmen  
try-except-Blöcke

try-except-else-Blöcke

try-finally-Blöcke

Verwendung von Ausnahmen

Ausnahmhierarchie  
raise-Anweisung  
assert-Anweisung

## 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.

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Ausnahmebehandlung

Ausnahmen  
try-except-Blöcke

try-except-else-Blöcke

try-finally-Blöcke

Verwendung von Ausnahmen

Ausnahmhierarchie  
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 ...")
```

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Ausnahmebehandlung

Ausnahmen  
try-except-Blöcke

try-except-else-Blöcke

try-finally-Blöcke

Verwendung von Ausnahmen

Ausnahmhierarchie  
raise-Anweisung  
assert-Anweisung

- 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 **EAFP-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).

Flake8: Der Stil-Checker  
 Funktionsaufrufe  
 Ausnahmebehandlung  
 Ausnahmen  
 try-except-Blöcke  
 try-except-else-Blöcke  
 try-finally-Blöcke  
 Verwendung von Ausnahmen  
 Ausnahmhierarchie  
 raise-Anweisung  
 assert-Anweisung

## EAFP

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

## LBYL

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

Flake8: Der Stil-Checker  
 Funktionsaufrufe  
 Ausnahmebehandlung  
 Ausnahmen  
 try-except-Blöcke  
 try-except-else-Blöcke  
 try-finally-Blöcke  
 Verwendung von Ausnahmen  
 Ausnahmhierarchie  
 raise-Anweisung  
 assert-Anweisung

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

Flake8: Der Stil-Checker  
 Funktionsaufrufe  
 Ausnahmebehandlung  
 Ausnahmen  
 try-except-Blöcke  
 try-except-else-Blöcke  
 try-finally-Blöcke  
 Verwendung von Ausnahmen  
 Ausnahmhierarchie  
 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“.

Flake8: Der Stil-Checker  
 Funktionsaufrufe  
 Ausnahmebehandlung  
 Ausnahmen  
 try-except-Blöcke  
 try-except-else-Blöcke  
 try-finally-Blöcke  
 Verwendung von Ausnahmen  
 Ausnahmhierarchie  
 raise-Anweisung  
 assert-Anweisung

## Die raise-Anweisung



- 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.

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Ausnahmebehandlung

Ausnahmen  
try-except-Blöcke

try-except-else-Blöcke

try-finally-Blöcke

Verwendung von Ausnahmen

Ausnahmhierarchie

`raise`-Anweisung  
`assert`-Anweisung

## Die 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.

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Ausnahmebehandlung

Ausnahmen  
try-except-Blöcke

try-except-else-Blöcke

try-finally-Blöcke

Verwendung von Ausnahmen

Ausnahmhierarchie

`raise`-Anweisung  
`assert`-Anweisung

## Zusammenfassung



- Es ist möglich, **benannte Argumente** beim Aufruf einer Funktion anzugeben.
- Parameter mit Defaultwerten sind optional, können beim Aufruf also weggelassen werden.
- **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 allgegenwärtig.
- Diese können mit `try`, `except`, `else` und `finally` **abgefangen** und **behandelt** werden.
- In Python verfolgt man die **EAFP-Strategie** (statt LBYL), und behandelt lieber Ausnahmen als sie zu vermeiden.
- Mit `raise` und `assert` kann man eigene Ausnahmen

Flake8: Der Stil-Checker

Funktionsaufrufe

Ausnahmebehandlung

Ausnahmen  
try-except-Blöcke

try-except-else-Blöcke

try-finally-Blöcke

Verwendung von Ausnahmen

Ausnahmhierarchie

`raise`-Anweisung  
`assert`-Anweisung