

# Informatik I: Einführung in die Programmierung

## 18. Funktionale Programmierung / Dekoratoren

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Prof. Dr. Peter Thiemann

21.01.2025

# 1 Dekoratoren



Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

# Was ist ein Dekorator?



Ein **Dekorator** ist eine Funktion, die eine andere Funktion erweitert, ohne diese selbst zu ändern.

Die Syntax von Dekoratoren (Funktion `decorator` angewendet auf `fun`):

```
@decorator
```

```
def fun():
```

```
    ...
```

Also ist `decorator` eine Funktion höherer Ordnung:

Ein Dekorator nimmt eine Funktion als Parameter und liefert als Ergebnis wieder eine Funktion.

Dekoratoren, die uns schon früher begegnet sind: `dataclass`, `property`, etc.

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

Falls der Dekorator wrapper definiert wurde, dann hat

```
@wrapper  
def confused_cat(*args):  
    pass # do some stuff
```

die gleiche Bedeutung wie

```
def confused_cat(*args):  
    pass # do some stuff  
confused_cat = wrapper(confused_cat)
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

# Beispiele für Dekoratoren: property, staticmethod (1)

decorators.py



```
@dataclass
class C:
    __name : str

    def getname(self) -> str:
        return self.__name

    # def setname(self, x: str) -> None:
    #     self.__name = 2 * x
    name = property(getname)

    def hello() -> None:
        print("Hello world")
    hello = staticmethod(hello)
```

lässt sich mittels der @-Syntax schreiben ...

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

## Dekoratoren: property, staticmethod (2)



```
@dataclass
class C:
    __name : str

    @property
    def name(self) -> str:
        return self.__name

    # @name.setter
    # def name(self, x: str) -> None:
    #     self.__name = 2 * x

    @staticmethod
    def hello() -> None:
        print("Hello world")
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

Betrachte die Funktion

```
def mult (x:float, y:float) -> float:  
    return x * y
```

Zur Fehlersuche möchten wir folgendes Feature:

## Aufgabe

Gib bei jedem Aufruf den Namen der Funktion mit ihren Argumenten aus.

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

# Definition eines Dekorators (1)



Naiver Ansatz: Ändere die Funktionsdefinition!

```
verbose = True
def mult(x:float, y:float) -> float:
    if verbose:
        print("--- a nice header -----")
        print("--> call mult with args: %s, %s" % x, y)
    res = x * y
    if verbose:
        print("--- a nice footer -----")
    return res
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

Schlecht: durch die Änderung der Funktionsdefinition können neue Fehler entstehen!

Besser: eine modulare Lösung, bei der die Funktionsdefinition unverändert bleiben kann.



# Definition eines Dekorators (2)

Wiederverwendbare modulare Lösung mit Dekorator



```
def with_trace(f):
    def wrapper(*args, **kwargs):
        print("--- a nice header -----")
        print("--> call %s with args: %s" %
              (f.__name__, ",".join(map(str, args))))
        res = f(*args, **kwargs)
        print("--- a nice footer -----")
        return res
    # print("--> wrapper now defined")
    return wrapper

@with_trace
def mult(x:float, y:float) -> float:
    return x * y
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

## Definition eines Dekorators (3)

### Aufgabe 2

Wie lange dauert die Ausführung eines Funktionsaufrufs?

```
import time

def timeit(f):
    def wrapper(*args, **kwargs):
        print("--> Start timer")
        t0 = time.time()
        res = f(*args, **kwargs)
        delta = time.time() - t0
        print("--> End timer: %s sec." % delta)
        return res
    return wrapper
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures



```
@timeit
def mult(x:int, y:int) -> int:
    return x * y

print(mult(6, 7))
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

Ausgabe:

```
--> Start timer -----
```

```
--> End timer: 1.9073486328125e-06 sec.
```

```
42
```

# Definition eines Dekorators (4)

Dekoratoren hintereinander schalten



```
decorators.py
```

```
@with_trace
@timeit
def sub(x:float, y:float) -> float:
    return x - y
```

```
print(sub(3, 5))
```

liefert z.B.:

```
decorators.py
```

```
--- a nice header -----
--> call wrapper with args: 3,5
--> Start timer
--> End timer: 9.5367431640625e-07 sec.
--- a nice footer -----
-2
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

# Dekoratoren: docstring und `__name__` (1)



- Beim Dekorieren gehen interne Attribute wie Name und docstring verloren.
- Ein guter Dekorator muss das wieder richtigstellen:

```
def with_trace(f):  
    def wrapper(*args, **kwargs):  
        print("--- a nice header -----")  
        print("--> call %s with args: %s" %  
              (f.__name__, ",".join(map(str, args))))  
        res = f(*args, **kwargs)  
        print("--- a nice footer -----")  
        return res  
    wrapper.__name__ = f.__name__  
    wrapper.__doc__ = f.__doc__  
    return wrapper
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures



- Dieses Problem kann durch den Dekorator `functools.wraps` gelöst werden:

```
import functools
def with_trace(f):
    @functools.wraps(f)
    def wrapper(*args, **kwargs):
        print("--- a nice header -----")
        print("--> call %s with args: %s" %
              (f.__name__, ",".join(map(str, args))))
        res = f(*args, **kwargs)
        print("--- a nice footer -----")
        return res
    return wrapper
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

# Dekoratoren mit Parametern (1)



- Aufgabe: beschränke alle Stringergebnisse auf 5 Zeichen

```
def trunc(f):  
    def wrapper(*args, **kwargs):  
        res = f(*args, **kwargs)  
        return res[:5]  
    return wrapper  
  
@trunc  
def data():  
    return 'foobar'
```

- Ein aktueller Aufruf:

```
print(data())
```

liefert fooba

## Dekoratoren mit Parametern (2)



- Warum 5 Zeichen? Manchmal sollen es 3 sein, manchmal 6!

```
def limit(length:int):
    def decorator(f):
        def wrapper(*args, **kwargs):
            res = f(*args, **kwargs)
            return res[:length]
        return wrapper
    return decorator

@limit(3)
def data_a():
    return 'limit to 3'

@limit(6)
def data_b():
    return 'limit to 6'
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures



- Der Aufruf von `limit(3)` erzeugt einen Dekorator, der auf `data_a` angewandt wird; `limit(6)` wenden wir auf `data_b` an:

```
print(data_a())
```

liefert: `lim`

```
print(data_b())
```

liefert: `limit`

- Aber was passiert genau bei der geschachtelten Definition von Funktionen?

Dekoratoren

Schachtelung und  
Scope

Closures

## 2 Funktionsschachtelung, Namensraum und Umgebung



Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

- Im letzten Abschnitt sind uns **geschachtelte Funktionsdefinitionen** begegnet.
- Dabei stellt sich die Frage, auf welche Bindung sich die Verwendung einer Variablen bezieht.
- Dafür müssen wir die Begriffe **Namensraum (Scope)** und **Umgebung** verstehen.
- Und wir müssen uns mit der **Lebensdauer** einer Variablen auseinandersetzen.

- Der Namensraum (Scope) ist ein statisches Konzept. Er zeigt an, in welchen Teilen eines Programms ein definierter Name sichtbar und verwendbar ist.
  - Ein Name kommt “in scope” durch
    - Definition einer Variable, Funktion oder Klasse
    - Import eines Moduls
- und ist verfügbar bis zum Ende des Blocks, in dem er definiert wurde.
- Z.B. der lokale Namensraum einer Funktionsdefinition enthält Parameter und lokale Definitionen (Variable, Funktionen, Klassen, ...). Er endet am Ende des Funktionsrumpfes.
  - Namensräume bilden eine Hierarchie entsprechend der Schachtelung von Funktions- und Klassendefinitionen.

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

- Eine Umgebung ist ein dynamisches Konzept (d.h. zur Laufzeit).
- Sie ist eine Abbildung von Namen auf Werte.
  - **Built-in**-Umgebung (`__builtins__`) mit allen vordefinierten Variablen
  - Umgebung von **Modulen**, die importiert werden
  - **globale** Umgebung (des Moduls `__main__`)
  - **lokale** Umgebung innerhalb eines Funktionsaufrufs (vgl. Kellerrahmen) diese können geschachtelt sein.
- Jeder Aufruf einer Funktion erzeugt eine neue lokale Umgebung, die normalerweise am Ende des Aufrufs wieder gelöscht wird.
- Die Umgebungen bilden eine Hierarchie, wobei die innerste, lokale Umgebung normalerweise alle äußeren überdeckt!
- Jede Umgebung instanziert einen Namensraum.

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

- Eine Variable heißt **sichtbar** in dem Teil eines Programms, in dem die Variable ohne die Punkt-Notation referenziert werden kann.
- Wird ein Variablenname zum Lesen referenziert, so durchläuft Python die Hierarchie der Namensräume und versucht der Reihe nach:
  - ihn im **lokalen** Namensraum aufzulösen;
  - ihn in den **nicht-lokalen** Namensräumen (die den lokalen Namensraum umschließen) aufzulösen;
  - ihn im **globalen** Namensraum aufzulösen;
  - ihn im **Builtin**-Namensraum aufzulösen.
- Dabei heißt “auflösen” das Auffinden des Werts der Variable in der zugeordneten Umgebung.

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

- Gibt es eine **Zuweisung** `var = ...` im aktuellen Scope, so wird von einem lokalen Namen ausgegangen. Referenzen auf `var` dürfen erst nach Ausführung der Zuweisung erfolgen.
- Ausnahmen werden durch zwei Anweisungen gesteuert:
  - `global var`  
bewirkt, dass `var` im **globalen** Namensraum gesucht wird. Zuweisungen an `var` wirken auf die globale Umgebung.
  - `nonlocal var`  
bewirkt, dass `var` in einem **nicht-lokalen** Namensraum gesucht wird, d.h. in den umgebenden Funktionsdefinitionen. Auch Zuweisungen wirken dort.
- Kann ein Name nicht aufgelöst werden, dann gibt es eine Fehlermeldung.

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

# Ein Beispiel für Namensräume (1)

```
def scope_test():
    def do_local():
        spam = "local spam"
    def do_nonlocal():
        nonlocal spam
        spam = "nonlocal spam"
    def do_global():
        global spam
        spam = "global spam"
    spam = "test spam"
    do_local()
    print("After local assignment:", spam)
    do_nonlocal()
    print("After nonlocal assignment:", spam)
    do_global()
    print("After global assignment:", spam)
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures



# Ein Beispiel für Namensräume (2)



## Python-Interpreter

```
>>> scope_test()
```

```
After local assignment: test spam
```

```
After nonlocal assignment: nonlocal spam
```

```
After global assignment: nonlocal spam
```

```
>>> print("In global scope:", spam)
```

```
In global scope: global spam
```

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

# 3 Closures



Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

- Eine **Closure** ist ein anderer Name für ein Funktionsobjekt. Wenn eine Funktion lokal definiert wird, enthält die Closure die Werte der freien Variablen (nicht-lokale Referenzen).
- Definition: Eine Variable tritt **frei** in einem Funktionsrumpf auf, wenn sie zwar vorkommt, aber weder in der Parameterliste noch in einer lokalen Zuweisung gesetzt wird.

# Closures in Python (1)



```
def add_x(x:float) -> Callable[[float], float]:  
    def adder(num:float) ->float:  
        return x + num  
    # the function object for adder is a closure  
    # x is a free variable of adder  
    return adder
```

```
add_5 = add_x(5); print(add_5)
```

Ausgabe: <function add\_x.<locals>.adder at 0x10bfe60c0>

```
print(add_5(10))
```

Ausgabe: 15

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

- Dasselbe mit einer `lambda` Abstraktion:

```
def add_x(x:float) -> Callable[[float], float]:  
    return lambda num: x + num  
    # returns a closure  
    # num is a bound variable,  
    # x is a free variable of the lambda
```

```
add_6 = add_x(6); print(add_6)
```

Ausgabe: <function add\_x.<locals>.<lambda> at 0x10bfe5d00>

```
print(add_6(10))
```

Ausgabe: 16

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

- Wird eine Funktion mit freien Variablen, wie `x` in `lambda num: x + num` als Ergebnis zurückgegeben, dann verlängert sich die Lebensdauer der Umgebung des Aufrufs von `add_x` und damit von `x`.
- Wenn die zurückgegebene Funktion `add_6` aufgerufen wird, dann wird diese Umgebung—und damit der Wert von `x` zum Zeitpunkt der Konstruktion der Closure—wieder installiert.

- Achtung bei der Interaktion von Closures mit Zuweisungen:

```
def clo() -> Callable[[], int]:  
    x = 0  
    f = lambda : x  
    x = x + 1  
    return f  
  
fx = clo()  
print(fx())
```

Ausgabe: 1

- Nachfolgende Zuweisungen ändern den Wert in der Closure...

Dekoratoren

Schachte-  
lung und  
Scope

Closures

- Jede Funktion mit freien Variablen wird durch eine *Closure* repräsentiert.
- Innerhalb einer Closure kann mit Hilfe der Anweisungen `nonlocal` oder `global` auf freie Variable schreibend zugegriffen werden.
- Wird eine Closure als Ergebnis zurückgegeben, so verlängert sich die **Lebensdauer** der Umgebung(en), in der die Closure erzeugt wurde (die der umschließenden Funktionsaufrufe)! Sie bleiben so lange erhalten wie die Closure zugreifbar ist!