

Informatik I: Einführung in die Programmierung

18. Funktionale Programmierung / Dekoratoren

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



**UNI
FREIBURG**

Prof. Dr. Peter Thiemann

23.01.2024



Dekoratoren

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



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():  
    ...
```

Dabei ist `decorator` selbst eine Funktion ...



Dekoratoren werden durch Funktionen, die Funktionen als Parameter nehmen und zurückgeben, implementiert.

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



Dekoratoren werden durch Funktionen, die Funktionen als Parameter nehmen und zurückgeben, implementiert.

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

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



Dekoratoren werden durch Funktionen, die Funktionen als Parameter nehmen und zurückgeben, implementiert.

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

Dekoratoren: property, staticmethod (1)

decorators.py

```
@dataclass
class C:
    _name : str

    def getname(self):
        return self._name

    # def setname(self, x):
    #     self._name = 2 * x
    name = property(getname)

    def hello():
        print("Hello world")
    hello = staticmethod(hello)
```

lässt sich mittels der @-Syntax schreiben ...



Dekoratoren: property, staticmethod (2)



```
@dataclass
class C:
    _name : str

    @property
    def name(self):
        return self._name

    # @name.setter
    # def name(self, x):
    #     self._name = 2 * x

    @staticmethod
    def hello():
        print("Hello world")
```

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



Betrachte die Funktion

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

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

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, weil wir die Funktionsdefinition ändern müssen, wodurch neue Fehler entstehen können! Wir wollen eine modulare Lösung, bei der die Funktionsdefinition unverändert bleiben kann.

Definition eines Dekorators (2)

Wiederverwendbare modulare Lösung



```
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

Schachtelung und
Scope

Closures

Definition eines Dekorators (3)



Aufgabe 2

Wie lange dauert die Ausführung eines Funktionsaufrufs?

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



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

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.

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- 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



- 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'
```

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- 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



- 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



- Was passiert hier?
- 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?



Funktionsschachtelung, Namensraum und Umgebung

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- Im letzten Abschnitt sind uns **geschachtelte Funktionsdefinitionen** begegnet.

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.

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.



- 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).

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- Eine Umgebung ist ein dynamisches Konzept (d.h. zur Laufzeit).
- Sie ist eine Abbildung von Namen auf Werte.

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

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

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__`)

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.

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 beim Ende des Aufrufs wieder gelöscht wird.

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 beim Ende des Aufrufs wieder gelöscht wird.
- Die Umgebungen bilden eine Hierarchie, wobei die innerste, lokale Umgebung normalerweise alle äußeren überdeckt!

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 beim 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.

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:

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;

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;

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;

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.

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 und Referenzen auf `var` dürfen erst nach Ausführung der Zuweisung erfolgen.

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- Gibt es eine **Zuweisung** `var = ...` im aktuellen Scope, so wird von einem lokalen Namen ausgegangen und Referenzen auf `var` dürfen erst nach Ausführung der Zuweisung erfolgen.
- Ausnahmen:

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- Gibt es eine **Zuweisung** `var = ...` im aktuellen Scope, so wird von einem lokalen Namen ausgegangen und Referenzen auf `var` dürfen erst nach Ausführung der Zuweisung erfolgen.
- Ausnahmen:
 - „`global var`“ bedeutet, dass `var` im **globalen** Namensraum gesucht werden soll. Zuweisungen an `var` wirken auf die globale Umgebung.

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- Gibt es eine **Zuweisung** `var = ...` im aktuellen Scope, so wird von einem lokalen Namen ausgegangen und Referenzen auf `var` dürfen erst nach Ausführung der Zuweisung erfolgen.
- Ausnahmen:
 - „`global var`“ bedeutet, dass `var` im **globalen** Namensraum gesucht werden soll. Zuweisungen an `var` wirken auf die globale Umgebung.
 - „`nonlocal var`“ bedeutet, dass `var` in einem **nicht-lokalen** Namensraum gesucht werden soll, d.h. in den umgebenden Funktionsdefinitionen. Auch Zuweisungen wirken dort.

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



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

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()
```

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures

Ein Beispiel für Namensräume (2)



Python-Interpreter

```
>>> scope_test()  
After local assignment: test spam
```

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



Python-Interpreter

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

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

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



Python-Interpreter

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

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

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

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

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)
```


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
```



Closures

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- Eine **Closure** ist eine von einer anderen Funktion zurückgegebene lokale Funktion, die freie Variable (nicht-lokale Referenzen) enthält:

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- Eine **Closure** ist eine von einer anderen Funktion zurückgegebene lokale Funktion, die freie Variable (nicht-lokale Referenzen) enthält:

```
def add_x(x:float) -> Callable[[float], float]:  
    def adder(num:float) ->float:  
        return x + num  
    # 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 0x106f48e00>

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

Ausgabe: 15

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures

Closures in Python (2)



- Dasselbe mit einer `lambda` Abstraktion:

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 0x106f49080>

```
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` wieder installiert.



- Achtung bei der Interaktion von Closures mit Zuweisungen:

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- 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:

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures



- 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



- 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.
- 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.
- In den beiden letzteren Fällen verlängert sich die **Lebensdauer** einer Umgebung (nämlich des umschliessenden Funktionsaufrufs)! Sie bleibt so lange erhalten wie die Closure zugreifbar ist!

Dekoratoren

Schachte-
lung und
Scope

Closures