

Python

N. Kaelin, S. Walker

28. April 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Datentypen	5
1.1	Numerische Datentypen	5
1.1.1	Arithmetische Operationen	6
1.1.2	Vergleichende Operatoren	6
1.1.3	Bitweise Operatoren für den Datentyp <code>int</code>	6
1.1.4	Methoden nur für den Datentyp <code>complex</code>	7
1.2	Sequentielle Datentypen	7
1.3	Assoziative Datentypen	7
1.4	Mengen	8
2	Verzweigungen	9
2.1	<code>if</code>	9
2.1.1	<code>if</code> -Anweisung mit <code>else</code> -Zweig	9
2.1.2	<code>elif</code> -Zweige	9
3	Schleifen	10
3.1	<code>while</code>	10
3.1.1	Durchlauf beenden und zurück nach oben	10
3.1.2	<code>while</code> -Schleife abbrechen	10
3.1.3	<code>else</code> -Teil	10
3.2	<code>for</code>	11
3.2.1	<code>else</code> -Teil	11
4	Funktionen	11
4.1	Funktionsdefinition	11
4.2	Aufruf	12
4.3	Weiteres	12
4.3.1	Standardwert für Parameter	12
4.3.2	Mehrere Rückgabewerte	12
4.3.3	Variable Anzahl von Argumenten	12
4.3.4	Argumente entpacken	13
4.3.5	Beliebige Schlüsselwort-Parameter	13
4.3.6	Schlüsselwortparameter entpacken	13
4.3.7	Globale Variablen	13
4.3.8	Docstring - Funktion dokumentieren	14
4.3.9	Call-by-object-reference	14
5	Exceptions	15
5.1	Unspezifische Exceptions abfangen	15
5.2	Abfangen mehrerer Exceptions	15
5.3	<code>else</code> -Teil	16
5.4	<code>finally</code> -Teil	16
5.5	Exceptions generieren	16

6	Dateien	16
6.1	Datei öffnen	16
6.2	Dateien lesen und schreiben	16
6.2.1	Datei lesen	17
6.2.2	Datei schreiben	17
6.2.3	glob	17
6.2.4	os.path	18
7	Strings	18
7.1	Stringformatierung	18
7.1.1	im C-Stil (à la printf)	18
7.1.2	mit format()	19
7.1.3	mit Stringlitterale	19
7.1.4	mit string-Methoden	20
7.2	Alles über Strings <small>Kap. 19</small>	20
7.2.1	Strings aufspalten	20
7.2.2	Strings kombinieren	21
7.2.3	Suchen von Teilstrings	21
7.2.4	Ersetzen von Teilstrings	21
7.2.5	Strings bereinigen	21
7.2.6	Klein- und Grossbuchstaben	22
7.2.7	Strings testen	22
8	Listen-Abstraktion/List-Comprehension	23
8.1	Neue Liste aus einer bestehenden Liste ableiten	23
8.1.1	Beispiel 1	23
8.1.2	Beispiel 2	23
8.2	Bestehende Liste filtern	23
8.3	Liste von Zahlen => formatierter String	24
8.4	Liste der Schachbrettfelder	24
8.5	Mengen-Abstraktion/Set Comprehension	25
8.5.1	Produkte zweier Zahlen	25
9	Iteratoren und Generatoren	25
9.1	Iteratoren	25
9.2	Generatoren	26
9.2.1	Generator-Expression	27
9.2.2	send()-Methode, Generator als Coroutine	27
10	Listen und Tupel im Detail	27
10.1	Tupel	27
10.2	Listen	28
10.2.1	Element hinzufügen	28
10.2.2	Mehrere Elemente hinzufügen	28
10.2.3	Elemente ersetzen	29
10.2.4	Element entfernen	29
10.3	Sortieren	29
10.3.1	Umgekehrte Reihenfolge	30
10.3.2	Mit spezieller Funktion	30
10.3.3	collections.deque	30
11	lambda, map, filter und reduce	31
11.1	lambda	31
11.2	map	31
11.3	filter	32
11.4	reduce	32

12 Zeichen-Klassen	33
13 Wiederholungen (Quantoren)	33
14 Übereinstimmungen	34
14.1 match-Objekt	34
14.2 Übereinstimmungen finden	34
15 Modifizierungen	36
16 Gruppierung	37
16.1 Weitere Metazeichen	38
16.2 Look-around Assertions	39
17 Klassen	40
17.1 Einfache Klasse definieren	40
17.2 Klasse instanzieren	40
17.3 Klassen- und Instanz-Variablen	40
17.4 Methoden	41
17.4.1 __init__()-Methode	42
17.4.2 __del__()-Methode	42
17.4.3 Methoden aufrufen	43
17.4.4 Statische Methoden	43
17.4.5 Klassen-Methoden	43
17.5 Datenabstraktion	44
17.5.1 Public	44
17.5.2 Protected	44
17.5.3 Private	44
17.5.4 Setter- und Getter-Methoden	45
17.6 Magische Methoden	46
17.6.1 Grundmethoden	47
17.6.2 Numerische Datentypen emulieren	47
17.7 Klassen testen	48
17.8 Eigenes Modul importieren	49
17.8.1 Aus dem gleichen Verzeichnis	49
17.8.2 Aus einem andere Verzeichnis	49
18 Vererbung	50
18.1 Beispiel	51
18.2 public, protected und private	52
19 Mehrfachvererbung	52
19.0.1 MRO	54
20 NumPy	55
20.1 ndarray erzeugen	55
20.1.1 ndarray-Datentypen	56
20.2 Arithmetische Operationen	56
20.3 Indexierung	57
20.3.1 Slicing	57
20.4 Mathematische Funktionen	58
20.4.1 Lineare Algebra	58
20.4.2 Matplotlib	59
21 SciPy	61
21.1 SciPy.Interpolate	61
21.2 SciPy.Integrate	62

22 Matplotlib	63
22.1 Tipps für Jupyter-Notebook	63
22.2 Subplots	63
22.3 Pyplot-Funktionen	63
22.3.1 Treppensignal	63
22.3.2 <code>contourf()</code>	64
22.3.3 <code>contour()</code>	64
22.3.4 <code>loglog()</code>	64

Lektion 1: Variablen und Datentypen

1 Datentypen

- Variablen bezeichnen keinen bestimmten Typ.
- Dynamische Typdeklaration
 - **Automatische Zuweisung** des Datentyps bei Deklaration
 - Datentyp ist während dem Programmablauf **veränderbar**
 - Wert- und Typänderung erlaubt!

Datentyp	Beschreibung	False-Wert
NoneType	Indikator für nichts, keinen Wert	None
Numerische Datentypen		
int	Ganze Zahlen	0
float	Gleitkommazahlen	0.0
bool	Boolesche Werte	False
complex	Komplexe Zahlen	0 + 0j
Sequenzielle Datentypen		
str	Zeichenketten oder Strings	"
list	Listen (veränderlich)	[]
tuple	Tupel (unveränderlich)	()
bytes	Sequenz von Bytes (unveränderlich)	b"
bytearray	Sequenz von Bytes (veränderlich)	bytearray(b")
Assoziative Datentypen		
dict	Dictionary (Schlüssel-Wert-Paare)	{}
Mengen		
set	Menge mit einmalig vorkommenden Objekten	set()
frozenset	Wie set jedoch unveränderlich	frozenset()

- Python erkennt den Datentyp automatisch
- Python ordnet jeder Variablen den Datentyp zu
- Datentypen prüfen:
 - `type(object)`
 - `isinstance(object, ct)`
- Python achtet auf Typverletzungen
- Python kennt keine implizite Typumwandlung

1.1 Numerische Datentypen Kap. 4

- bool
- int
- float
- complex

1.1.1 Arithmetische Operationen

Operator	Beschreibung
$x + y$	Summe von x und y
$x - y$	Differenz von x und y
$x * y$	Produkt von x und y
x / y	Quotient von x und y
$x // y$	Ganzzahliger Quotient ¹ von x und y
$x \% y$	Rest der Division ¹ von x durch y
$+x$	Positives Vorzeichen
$-x$	Negatives Vorzeichen
$\text{abs}(x)$	Betrag von x
$x ** y$	Potenzieren, x^y

¹Nicht definiert für den Datentyp `complex`

Achtung: `x++` und `x-` gibt es **nicht**, aber `x += 1`, `x -= 1`, `x *= 2`, ...

1.1.2 Vergleichende Operatoren

Operator	Beschreibung
<code>==</code>	wahr, wenn x und y gleich sind
<code>!=</code>	wahr, wenn x und y verschieden sind
<code><</code>	wahr, wenn x kleiner als y ist ²
<code><=</code>	wahr, wenn x kleiner oder gleich y ist ²
<code>></code>	wahr, wenn x grösser als y ist ²
<code>>=</code>	wahr, wenn x grösser oder gleich y ist ²

²Nicht definiert für den Datentyp `complex`

1.1.3 Bitweise Operatoren für den Datentypen `int`

Operator	Beschreibung
$x \& y$	bitweises UND von x und y
$x y$	bitweises ODER von x und y
$x \wedge y$	bitweises EXOR von x und y
$\sim x$	bitweises Komplement von x
$x \ll n$	Bit-Verschiebung um n Stellen nach links
$x \gg n$	Bit-Verschiebung um n Stellen nach rechts

1.1.4 Methoden nur für den Datentyp `complex`

Methode	Beschreibung
<code>x.real</code>	Realteil von <code>x</code> als Gleitkommazahl
<code>x.imag</code>	Imaginärteil von <code>x</code> als Gleitkommazahl
<code>x.conjugate()</code>	Liefert die zu <code>x</code> konjugiert komplexe Zahl

1.2 Sequentielle Datentypen Kap. 5

- `str`
- `list`
- `tuple`
- `bytes`
- `bytearray`

Die folgenden Operatoren sind für **alle** sequentiellen Datentypen definiert:

Operator	Beschreibung
<code>x in s</code>	Prüft, ob <code>x</code> in <code>s</code> enthalten ist.
<code>x not in s</code>	Prüft, ob <code>x</code> nicht in <code>s</code> enthalten ist.
<code>s + t</code>	Verkettung der beiden Sequenzen <code>s</code> und <code>t</code> .
<code>s * n</code>	Verkettung von <code>n</code> Kopien der Sequenz <code>s</code> .
<code>s[i]</code>	Liefert das <code>i</code> -te Element von <code>s</code> .
<code>s[i:j]</code>	Liefert den Ausschnitt aus <code>s</code> von <code>i</code> bis <code>j</code> .
<code>s[i:j:k]</code>	Liefert jedes <code>k</code> -te Element im Ausschnitt von <code>s</code> zwischen <code>i</code> und <code>j</code> .
<code>len(s)</code>	Liefert die Anzahl Elemente in der Sequenz <code>s</code> .
<code>max(s)</code>	Liefert das grösste Element in <code>s</code> (sofern eine Ordnung definiert ist).
<code>min(s)</code>	Liefert das kleinste Element in <code>s</code> (sofern eine Ordnung definiert ist).
<code>s.index(x)</code>	Liefert den Index des ersten Vorkommens von <code>x</code> in <code>s</code> .
<code>s.count(x)</code>	Zählt, wie oft <code>x</code> in <code>s</code> vorkommt.

1.3 Assoziative Datentypen Kap. 6

- `dict`

Operator	Beschreibung
<code>len(d)</code>	Liefert die Anzahl Schlüssel-Wert-Paare in <code>d</code>
<code>d[k]</code>	Zugriff auf den Wert mit dem Schlüssel <code>k</code>
<code>k in d</code>	Liefert <code>True</code> , wenn der Schlüssel <code>k</code> in <code>d</code> ist.
<code>k not in d</code>	Liefert <code>True</code> , wenn der Schlüssel <code>k</code> nicht in <code>d</code> ist.

Operator	Beschreibung
<code>d.clear()</code>	Löscht alle Elemente aus dem Dictionary.
<code>d.copy()</code>	Erstellt eine Kopie des Dictionaries.
<code>d.get([k, [x]])</code>	Gibt den Wert des Schlüssels <code>k</code> zurück, ansonsten den Wert <code>[x]</code> .
<code>d.items()</code>	Gibt eine Liste der Schlüssel-Wert-Paare als Tuple zurück.
<code>d.keys()</code>	Gibt eine Liste aller Schlüsselwerte zurück.
<code>d.update(d2)</code>	Fügt ein Dictionary <code>d2</code> zu <code>d</code> hinzu.
<code>d.pop(k)</code>	Entfernt das Element mit Schlüssel <code>k</code> .
<code>d.popitem()</code>	Entfernt das zuletzt eingefügte Schlüssel-Wert-Paar.
<code>d.setdefault(k, [x])</code>	Setzt den Wert <code>[x]</code> für den Schlüssel <code>k</code> .

1.4 Mengen Kap. 7

- set
- frozenset

Ein set enthält eine ungeordnete Sammlung von einmaligen und unveränderlichen Elementen. In anderen Worten: Ein Element kann in einem set-Objekt nicht mehrmals vorkommen, was bei Listen und Tupel jedoch möglich ist.

Operator	Beschreibung
<code>s.add(el)</code>	Fügt ein neues unveränderliches Element (<code>el</code>) ein
<code>s.clear()</code>	Löscht alle Elemente einer Menge.
<code>s.copy()</code>	Erstellt eine Kopie der Menge.
<code>s.difference(y)</code>	Die Menge <code>s</code> wird von <code>y</code> subtrahiert und in einer neuen Menge gespeichert.
<code>s.difference_update(y)</code>	Gleich wie <code>s.difference(y)</code> nur wird hier das Ergebnis direkt in <code>s</code> gespeichert.
<code>s.discard(el)</code>	Das Element <code>el</code> wird aus der Menge <code>s</code> entfernt.
<code>s.remove(el)</code>	Gleich wie <code>s.discard(el)</code> nur gibt es hier einen Fehler falls <code>el</code> nicht in <code>s</code> .
<code>s.intersection(y)</code>	Liefert die Schnittmenge <code>s</code> und <code>y</code> .
<code>s.isdisjoint(y)</code>	Liefert True falls Schnittmenge von <code>s</code> und <code>y</code> leer ist.
<code>s.pop()</code>	Liefert ein beliebiges Element welches zugleich aus der Menge entfernt wird

Lektion 2: Verzweigungen, Schleifen und Funktionen

2 Verzweigungen

2.1 if

listings/v2_if1.py

```
if Bedingung:
    Anweisung1
    Anweisung2
```

Anweisungen 1 & 2 nur ausführen, wenn die Bedingung **wahr** ist.

Achtung: Alle Anweisungen im gleichen Codeblock müssen gleich eingerückt sein, z.B. mit vier Leerzeichen, sonst wird ein Fehler ausgegeben.<

2.1.1 if-Anweisung mit else-Zweig

listings/v2_if2.py

```
if Bedingung:
    Anweisung1
    Anweisung2
else:
    Anweisung3
    Anweisung4
```

- Anweisungen 1 & 2, falls Bedingung **wahr**
- Anweisungen 3 & 4, falls Bedingung **unwahr**

Für jeden Datentyp gibt es einen Wert, der als **unwahr** gilt:

Datentyp	False-Wert
NoneType	None
int	0
float	0.0
bool	False
complex	0 + 0j
str	" oder ""(leerer String)
list	[]
tuple	()
bytes	b"
bytearray	bytearray(b")
dict	{}
set	set()
frozenset	frozenset()

2.1.2 elif-Zweige

listings/v2_if3.py

```
if Bedingung1:
    Anweisung1
elif Bedingung2:
    Anweisung2
elif Bedingung3:
    Anweisung3
else:
    Anweisung4
```

elif = else if

Achtung: Python kennt keine switch-case-Anweisung.

3 Schleifen Kap. 10

3.1 while

listings/v2_while1.py

```
while Bedingung:
    Anweisung1
```

- Anweisung1 wird wiederholt, solange die Bedingung **wahr** ist
- Einrücken des Codeblocks

3.1.1 Durchlauf beenden und zurück nach oben

Achtung: Python kennt keine do-while-Schleife.

listings/v2_while2.py

```
while Bedingung:
    Anweisung1
    if Ausnahme:
        continue
    Anweisung2
```

continue beendet den aktuellen Durchlauf und springt nach oben.

3.1.2 while-Schleife abbrechen

listings/v2_while3.py

```
while Bedingung:
    Anweisung1
    if Fehler:
        break
```

break bricht die while-Schleife vorzeitig ab

3.1.3 else-Teil

listings/v2_while4.py

```
while Bedingung:
    Anweisung1
    if Fehler:
        break
else:
    Anweisung2
```

else-Teil: wenn die Schleife **nicht** durch break abgebrochen wurde

3.2 for

listings/v2_for1.py

```
for Variable in Sequenz:
    Anweisung1
```

- dient zur Iteration einer Sequenz
- Sequenz muss ein iterierbares Objekt sein:
list, tuple, dict, str, bytes, bytearray, set, frozenset

3.2.1 else-Teil

listings/v2_for2.py

```
for Variable in Sequenz:
    Anweisung1
else:
    Anweisung2
```

else-Teil wie bei der while-Schleife

4 Funktionen Kap. 14

Python besitzt eine grosse Standard-Bibliothek, z.B.:

listings/v2_func1.py

```
import time # time.time(), time.sleep()
import math # math.pi, math.cos(), math.log10()
import zipfile # ZIP-Dateien manipulieren
import socket # UDP-/TCP-Kommunikation
```

<https://docs.python.org/3/library/>

und eingebaute Datentypen:

<https://docs.python.org/3/library/stdtypes.html>

und eingebaute Funktionen:

<https://docs.python.org/3/library/functions.html>

4.1 Funktionsdefinition

einfache Funktionsdefinition:

listings/v2_func2.py

```
def Funktionsname(Parameterliste):
    Anweisungen
```

Beispiel:

listings/v2_func3.py

```
def begruessung(vorname, nachname):
    print('Hallo', vorname, nachname)
```

- Der Funktionsname kann frei gewählt werden
- Parameternamen durch Kommas trennen
- Codeblock gleichmässig einrücken

Der Rückgabewert der Funktion ist None, falls nichts angegeben wird.

listings/v2_func4.py

```
def gruss(name):
    print('Hallo', name)
```

return-Anweisung beendet den Funktionsaufruf mit Rückgabewert:

listings/v2_func5.py

```
def summe(a, b):
    return a + b
```

- leere return-Anweisung liefert None zurück
- mehrere return-Anweisungen sind erlaubt, wie in C/C++

4.2 Aufruf

listings/v2_func6.py

```
resultat1 = summe(2, 3)
resultat2 = summe(a=10, b=2)    # Schluesselwortparameter
resultat3 = summe(b=2, a=10)    # Reihenfolge ist egal
resultat4 = summe(20, b=4)      # zuerst die namelosen
```

4.3 Weiteres

4.3.1 Standardwert für Parameter

listings/v2_func7.py

```
def rosen(farbe='rot'):
    print('Rosen_sind_' + farbe + '.')

rosen() # Aufruf 1
rosen('gelb') # Aufruf 2
```

4.3.2 Mehrere Rückgabewerte

listings/v2_func8.py

```
def summe_und_differenz(a, b):
    return (a + b, a - b)    # Tupel

summe, differenz = summe_und_differenz(5, 3)    # Tupel entpacken
```

4.3.3 Variable Anzahl von Argumenten

listings/v2_func9.py

```
def mittelwert(a, *args):    # a ist zwingend
    print('a_=', 1)
    print('args_=', args)    # die restlichen Argumente sind im Tupel args
    a += sum(args)
    return a/len(args) + 1

mittelwert(2, 3, 7)
```

4.3.4 Argumente entpacken

listings/v2_func10.py

```
def distanz(x, y, z):
    print('x_=', x)
    print('y_=', y)
    print('z_=', z)
    return (x**2 + y**2 + z**2)**0.5

position = (2, 3, 6)
distanz(*position)    # Tupel entpacken
```

4.3.5 Beliebige Schlüsselwort-Parameter

listings/v2_func11.py

```
def einfache_funktion(x, **kwargs):
    print('x_=', x)
    print('kwargs_=', kwargs)    # die restlichen Argumente sind im Dictionary
    kwargs

einfache_funktion(x='Hallo', farbe='rot', durchmesser=10)
```

4.3.6 Schlüsselwortparameter entpacken

listings/v2_func12.py

```
punkt = {'x':1, 'y':2, 'z':2}
distanz(**punkt)    # Dictionary entpacken
```

4.3.7 Globale Variablen

listings/v2_func13.py

```
modul = 'Python'    # globale Variable

def anmeldung():
    print(modul)    # Variable existiert bereits ausserhalb der Funktion

anmeldung()    # Ausgabe: Python

def wechseln():
    modul = 'C++'    # erstellt eine neue lokale Variable
    print('lokal:', modul)

wechseln()    # Ausgabe: lokal: C++
```

```
print('global:', modul) # Ausgabe: global: Python

def wirklich_wechseln():
    global modul        #referenzieren auf die globale Variable
    modul = 'C++'
    print('lokal:', modul)

wirklich_wechseln() # Ausgabe: lokal: C++
print('global:', modul) # Ausgabe: global: C++
```

4.3.8 Docstring - Funktion dokumentieren

PEP 257 - Docstring Conventions <https://www.python.org/dev/peps/pep-0257>

listings/v2_func14.py

```
def meine_funktion(a, b):
    '''Gibt die Argumente a und b in umgekehrter Reihenfolge als Tupel zurueck.'''
    return(b, a)

meine_funktion.__doc__ # Ausgabe: 'Gibt die Arguemnte ...'
help(meine_funktion)
```

4.3.9 Call-by-object-reference

mit veränderlichen Objekten:

listings/v2_func15.py

```
x = [1, 2, 3]
y = [7, 8, 9]

def foo(a, b):
    a.append(4)          # Objekt veraendern
    b = [10, 11, 12]    # lokale Variable b referenziert neues Objekt

foo(x, y)
print('x_=', x)
print('y_=', y)
```

mit unveränderlichen Objekten:

listings/v2_func16.py

```
x = (1, 2, 3)
y = (7, 8, 9)

def foo(a, b):
    # a.append(4)        # Objekt veraendern ist nicht erlaubt
    b = (10, 11, 12)    #lokale Variable b referenziert neues Objekt

foo(x, y)
print('x_=', x)
print('y_=', y)
```

Lektion 3: Exceptions, Dateien und Strings

5 Exceptions

- Fehler (<https://docs.python.org/3/tutorial/errors.html>) können auftreten, z.B.:

listings/v3_exception1.py

```
int('bla')    => ValueError
5/0           => ZeroDivisionError
a[1000]       => IndexError
10 + 'Fr.'    => TypeError
```

- und führen zu einem Abbruch des Programms
- Fehler können abgefangen werden:

listings/v3_exception2.py

```
try:
    x = int(input('Zahl eingeben: '))
except:
    print('Falsche Eingabe!')
```

5.1 Unspezifische Exceptions abfangen

Nicht empfohlen, da auch Exceptions geschluckt werden, die weitergegeben werden sollten, z.B. KeyboardInterrupt.

listings/v3_exception3.py

```
eingabe = '10_Fr.'
try:
    x = int(eingabe)
except:
    print('Oops! Irgendein Fehler ist aufgetreten.')
```

5.2 Abfangen mehrerer Exceptions

listings/v3_exception4.py

```
eingabe = '10Fr.'
try:
    x = int(eingabe)
    y = 1/x
except ValueError as e:
    print('Oops!' + str(e))
except ZeroDivisionError as e:
    print('Oops!' + str(e))
```

mehrfache Ausnahmen gruppieren:

listings/v3_exception5.py

```
eingabe = '10Fr.'
try:
    x = int(eingabe)
    y = 1/x
except (ValueError, ZeroDivisionError):
    print('Oops! Bitte wiederholen.')
```

5.3 else-Teil

listings/v3_exception6.py

```
try:
    f = open('datei.txt')
except IOError:
    print('Kann_Datei_nicht_oeffnen.')
else:
    print('Datei_schliessen.')
    f.close()
print('Ende')
```

5.4 finally-Teil

listings/v3_exception7.py

```
try:
    welt_retten()
finally:
    print('Dinge,_die_so_oder_so_gemacht_werden_muessen.')
```

5.5 Exceptions generieren

listings/v3_exception8.py

```
raise ValueError('Falscher_Wert.')
```

6 Dateien Kap. 11

6.1 Datei öffnen

- Datei mit der open()-Funktion öffnen:

listings/v3_datei1.py

```
f = open('dokument.txt')           # lesen
f = open('dokument.txt', 'r')      # lesen
f = open('dokument.txt', 'w')      # schreiben
f = open('dokument.txt', 'a')      # anhaengen
f = open('dokument.txt', 'rb')     # binaer
f = open('dokument.txt', 'wb')     # binaer
```

- Weitere Parameter findet man in der Hilfe (<https://docs.python.org/3/library/functions.html#open>):

listings/v3_datei2.py

```
open(file, mode='r', buffering=, encoding=None,
      errors=None, newline=None, closefd=True,
      opener=None)
```

6.2 Dateien lesen und schreiben

- Datei lesen:

listings/v3_datei3.py

```
inhalt = f.read()                  # gesamte Datei lesen
inhalt = f.read(n)                 # n Zeichen lesen
zeilen = f.readlines()             # Liste aller Zeilen
```


- Datei schreiben:

listings/v3_datei4.py

```
f.write('hello')           # String schreiben
f.writelines(['1', '2'])   # Liste von Strings
```

- Datei schliessen:

listings/v3_datei5.py

```
f.close()
```

6.2.1 Datei lesen

- mit read()

listings/v3_datei6.py

```
f = open('mailaenderli.txt')
text = f.read()
f.close()
print(text)
```

- besser mit der with-Anweisung

listings/v3_datei7.py

```
with open('mailaenderli.txt') as f:
    text = f.read()
print(text)
```

- Variante mit readlines()

listings/v3_datei8.py

```
with open('mailaenderli.txt') as f:
    zeilen = f.readlines()
print(zeilen)
for zeile in zeilen:
    print(zeile.strip())
```

6.2.2 Datei schreiben

listings/v3_datei9.py

```
personen = ['Alice', 'Bob', 'Charlie']
with open('rangliste.txt', 'w') as f:
    for n, person in enumerate(personen, start=1):
        f.write(str(n) + '. ' + person + '\n')

# Ueberpruefen
with open('rangliste.txt') as f:
    print(f.read())

# Ausgabe: 1. Alice
# Ausgabe: 2. Bob
# Ausgabe: 3. Charlie
```

6.2.3 glob

listings/v3_datei10.py

```
import glob
glob.glob('*.ipynb')
```

6.2.4 os.path

listings/v3_datei11.py

```
import os
full_path = os.path.abspath('mailaenderli.txt')
print(full_path)
# Ausgabe: kompletter Pfad der datei

os.path.isfile(full_path)
# Ausgabe: True

os.path.isdir(full_path)
# Ausgabe: False

os.path.getsize(full_path)
os.path.split(full_path)
os.path.splitext(full_path)
os.path.join('ordner', 'datei.txt')
```

7 Strings

7.1 Stringformatierung Kap. 12

- Stringformatierung benötigt man um Daten hübsch auszugeben

listings/v3_strings1.py

Menge	Name	Wert
3	R1	1.50k
7	R2	0.10k
2	R3	22.00k
5	R4	47.00k

- oder systematisch abzuspeichern

listings/v3_strings2.py

```
Menge, Name, Wert
3, R1, 1500
7, R2, 100
2, R3, 22000
5, R4, 47000
```

7.1.1 im C-Stil (à la printf)

listings/v3_strings3.py

```
spannung = 12.56
strom = 0.5
N = 10
print('N=%d, U=%f, I=%.3f' % (N, spannung, strom))
# Ausgabe: N = 10, U = 12.560000, I = 0.500
print('U=%g' % spannung) # generelles Format
```

```
# Ausgabe: U = 12.56
print('X=_0x%04X, _Y=_0x%04X' % (7, 15))    # hex
# Ausgabe: X = 0x0007, Y = 0x000F
```

7.1.2 mit format()

listings/v3_strings4.py

```
spannung = 12.56
strom = 0.5
'U=_ {}, _I=_ {}'.format(spannung, strom)
# Ausgabe: 'U = 12.56, I = 0.5'
```

- mit Index:

listings/v3_strings5.py

```
'U=_ {0}, _I=_ {1}'.format(spannung, strom)
# Ausgabe: 'U = 12.56, I = 0.5'
```

- mit Index und Format:

listings/v3_strings6.py

```
'U=_ {0:.2f}, _U=_ {0:.f}'.format(spannung)
# Ausgabe: 'U = 12.56, U = 12.560000'
```

- links-/rechtsbündig oder zentriert:

listings/v3_strings7.py

```
'{:>8.2f}'.format(spannung)
# Ausgabe: '    12.56'
'{:<8.2f}'.format(spannung)
# Ausgabe: '12.56   '
' {:^8.2f}'.format(spannung)
# Ausgabe: '  12.56  '
```

- mit Schlüsselwortparameter:

listings/v3_strings8.py

```
'U=_ {u}, _I=_ {i}'.format(u=spannung, i=strom)
# Ausgabe: 'U = 12.56, I = 0.5'
```

- mit Dictionary:

listings/v3_strings9.py

```
messung = {'spannung': 24, 'strom': 2.5}
'U=_ {spannung}, _I=_ {strom}'.format(**messung)
# Ausgabe: 'U = 24, I = 2.5'
```

7.1.3 mit Stringlitterale

listings/v3_strings10.py

```
lokale_variable = 13
f'Wert=_ {lokale_variable:.3f}'
# Ausgabe: 'Wert = 13.000'
```

7.1.4 mit string-Methoden

listings/v3_strings11.py

```
s = 'Python'
s.center(20, '=')
# Ausgabe: '====Python===='
s.ljust(20, '-')
# Ausgabe: 'Python-----'
s.rjust(20, '*')
# Ausgabe: '*****Python'
'1234'.zfill(20)
# Ausgabe: '00000000000000001234'
```

7.2 Alles über Strings Kap. 19

- Unicode-Nummer => Zeichen

listings/v3_strings12.py

```
chr(65)
# Ausgabe: ('A')
```

- Zeichen => Unicode-Nummer

listings/v3_strings13.py

```
ord('A')
# Ausgabe: (65)
```

- String => bytes

listings/v3_strings14.py

```
bin_data = 'A'.encode(utf-8)
print(bin_data)
# Ausgabe: b'A'
bin_data.decode('utf-8')
# Ausgabe: 'A'
```

7.2.1 Strings aufspalten

- split()

listings/v3_strings15.py

```
'Python_ist_eine_Schlange.'.split()
# Ausgabe: ['Python', 'ist', 'eine', 'Schlange.']

csv = '1;2000;30.3;44;505'
csv.split(';')
# Ausgabe: ['1', '2000', '30.3', '44', '505']

csv.split('; ', maxsplit=2) # max. zwei Trennungen von links her
# Ausgabe: ['1', '2000', '30.3;44;505']

csv.rsplit('; ', maxsplit=2) # max. zwei Trennungen von rechts her
# Ausgabe: ['1;2000;30.3', '44', '505']

'1;2;;;3;4'.split(';')
# Ausgabe: ['1', '2', '', '', '3', '4']
```

- `splitlines()`

listings/v3_strings16.py

```
csv = '''Dies ist
ein mehrzeiliger
Text.'''
csv.splitlines()
# Ausgabe: ['Dies ist', 'ein mehrzeiliger', 'Text.']
```

7.2.2 Strings kombinieren

listings/v3_strings17.py

```
''.join(['a', 'b', 'c'])
# Ausgabe: 'abc'

','.join(['a', 'b', 'c'])
# Ausgabe: 'a,b,c'
```

7.2.3 Suchen von Teilstrings

listings/v3_strings18.py

```
spruch = '''Wir sollten heute das tun,
von dem wir uns morgen wuenschen
es gestern getan zu haben.'''

'morgen' in spruch
# Ausgabe: True

spruch.find('heute')
# Ausgabe: 12

spruch.count('en')
#Ausgabe: 4
```

7.2.4 Ersetzen von Teilstrings

listings/v3_strings19.py

```
spruch.replace('sollten', 'muessten')
# Ausgabe: 'Wir muessten heute das tun,\nvon dem wir uns morgen wuenschen\nes
gestern getan zu haben.'
```

7.2.5 Strings bereinigen

listings/v3_strings20.py

```
s = '   Dieser String sollte saubere Enden haben.  \n'
print(s)
# Ausgabe:   Dieser String sollte saubere Enden haben.

s.strip()
# Ausgabe: 'Dieser String sollte saubere Enden haben.'

'Ein Satz ohne Satzzeichen am Schluss?'.rstrip('!?')
# Ausgabe: 'Ein Satz ohne Satzzeichen am Schluss'
```

7.2.6 Klein- und Grossbuchstaben

listings/v3_strings21.py

```
'Passwort'.lower()
# Ausgabe: 'passwort'

'Passwort'.upper()
# Ausgabe: 'PASSWORT'
```

7.2.7 Strings testen

listings/v3_strings22.py

```
'255'.isdigit()
# Ausgabe: True

'hallo'.isalpha()
# Ausgabe: True

'Gleis7'.isalnum()
# Ausgabe: True

'klein'.islower()
# Ausgabe: True

'GROSS'.isupper()
# Ausgabe: True

'Haus'.istitle()
# Ausgabe: True
```

Lektion 4: Listen-Abstraktion, Generatoren und Ähnliches

8 Listen-Abstraktion/List-Comprehension

- Einfache Methode, um Listen zu erzeugen
 - aus Strings, Dictionaries, Mengen, Bytes, ...
 - bestehende Listen abändern
 - bestehende Listen filtern
- Alles auf einer Zeile
 - übersichtlicher Code

8.1 Neue Liste aus einer bestehenden Liste ableiten

8.1.1 Beispiel 1

konventionell:

listings/v4_list1.py

```
quadratzahlen = []
for n in range(11):
    quadratzahlen.append(n*n)

print(quadratzahlen)
```

mit Listen-Abstraktion:

listings/v4_list2.py

```
quadratzahlen = [n*n for n in range(11)]

print(quadratzahlen)
```

8.1.2 Beispiel 2

konventionell:

listings/v4_list3.py

```
kilometer = [30, 50, 60, 80, 100, 120]
meilen = []
for km in kilometer:
    meilen.append(km*0.621371)

print(meilen)
```

mit Listen-Abstraktion:

listings/v4_list4.py

```
kilometer = [30, 50, 60, 80, 100, 120]
meilen = [km*0.621371 for n in kilometer
]

print(meilen)
```

8.2 Bestehende Liste filtern

Beispiel: Nur Früchte behalten, deren Name mit A, B oder C beginnen.

listings/v4_list5.py

```
fruechte = ['Apfel', 'Erdbeer', 'Clementine', 'Kokosnuss', 'Birne', 'Himbeere']

# konventionell:
fruechte_abc = []
for frucht in fruechte:
    if frucht[0] in 'ABC':
        fruechte_abc.append(frucht)

print(fruechte_abc)

# mit Listen-Abstraktion:
```

```
fruechte_abc = [frucht for frucht in fruechte if frucht[0] in 'ABC']

print(fruechte_abc)
```

8.3 Liste von Zahlen => formatierter String

konventionell:

listings/v4_list6.py

```
temp = []
for km, mi in zip(kilometer, meilen):
    temp.append('{:.0f}km={:.0f}mi'.format(km, mi))
s = ', '.join(temp)

print(s)
# Ausgabe: 30km=19mi, 50km=31mi, 60km=37mi, 80km=50mi, 100km=62mi, 120km=75mi
```

mit Listen-Abstraktion:

listings/v4_list7.py

```
s = ', '.join(['{:.0f}km={:.0f}mi'.format(km, mi) for km, mi in zip(kilometer,
    meilen)])

print(s)
# Ausgabe: 30km=19mi, 50km=31mi, 60km=37mi, 80km=50mi, 100km=62mi, 120km=75mi
```

8.4 Liste der Schachbrettfelder

konventionell:

listings/v4_list8.py

```
felder = []
for b in buchstaben:
    for z in zahlen:
        felder.append(b + str(z))

print(felder)
# Ausgabe: ['a1', 'a2', 'a3', 'a4', 'a5', 'a6', 'a7', 'a8', 'b1', 'b2', 'b3', 'b4',
    'b5', 'b6', 'b7', 'b8', 'c1', 'c2', 'c3', 'c4', 'c5', 'c6', 'c7', 'c8', 'd1',
    'd2', 'd3', 'd4', 'd5', 'd6', 'd7', 'd8', 'e1', 'e2', 'e3', 'e4', 'e5', 'e6',
    'e7', 'e8', 'f1', 'f2', 'f3', 'f4', 'f5', 'f6', 'f7', 'f8', 'g1', 'g2', 'g3',
    'g4', 'g5', 'g6', 'g7', 'g8', 'h1', 'h2', 'h3', 'h4', 'h5', 'h6', 'h7', 'h8']
```

mit Listen-Abstraktion:

listings/v4_list9.py

```
felder = [b + str(z) for b in buchstaben for z in zahlen]

print(felder)
# Ausgabe: ['a1', 'a2', 'a3', 'a4', 'a5', 'a6', 'a7', 'a8', 'b1', 'b2', 'b3', 'b4',
    'b5', 'b6', 'b7', 'b8', 'c1', 'c2', 'c3', 'c4', 'c5', 'c6', 'c7', 'c8', 'd1',
    'd2', 'd3', 'd4', 'd5', 'd6', 'd7', 'd8', 'e1', 'e2', 'e3', 'e4', 'e5', 'e6',
    'e7', 'e8', 'f1', 'f2', 'f3', 'f4', 'f5', 'f6', 'f7', 'f8', 'g1', 'g2', 'g3',
    'g4', 'g5', 'g6', 'g7', 'g8', 'h1', 'h2', 'h3', 'h4', 'h5', 'h6', 'h7', 'h8']
```


8.5 Mengen-Abstraktion/Set Comprehension

8.5.1 Produkte zweier Zahlen

konventionell:

listings/v4_list10.py

```
menge = set()
for x in range(6):
    for y in range(6):
        menge.add(x*y)

print(menge)
# Ausgabe: set([0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 20, 25])
```

mit Mengen-Abstraktion:

listings/v4_list11.py

```
menge = {x*y for x in range(6) for y in range(6)}

print(menge)
# Ausgabe: set([0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 20, 25])
```

9 Iteratoren und Generatoren

- Iterator
 - greift nacheinander auf die Elemente einer Menge von Objekten zu
 - fundamentaler Bestandteil von Python, z.B. in for-Schleifen
- Generator
 - ist eine besondere Art, um einen Iterator zu implementieren
 - wird mittels einer speziellen Funktion erzeugt

9.1 Iteratoren

Iteratoren werden benutzt, um über einen Container zu iterieren.
Die for-Schleife erzeugt aus dem Listen-Objekt einen Iterator:

listings/v4_iter1.py

```
liste = [1, 2, 3]
for element in liste:
    print(element)
# Ausgabe: 1
#          2
#          3
```

Das Container-Objekt muss die `__iter__()`-Funktion implementieren:

listings/v4_iter2.py

```
print('__iter__():', hasattr(liste, '__iter__'))
# Ausgabe: ('__iter__():', True)
```

Iterator aus Liste erzeugen:

listings/v4_iter3.py

```
iterator = iter(liste)
print(type(iterator))
# Ausgabe: <type 'listiterator'>
```

Ein Iterator muss auch die `__next__()`-Funktion implementieren:

listings/v4_iter4.py

```
print('__iter__():', hasattr(iterator, '__iter__'))
print('__next__():', hasattr(iterator, '__next__'))
# Ausgabe:  ('__iter__():', True)
#           ('__next__():', False)
```

Das nächste Element kann mit `next()` extrahiert werden:

listings/v4_iter5.py

```
next(iterator)
# Ausgabe: 1
next(iterator)
# Ausgabe: 2
next(iterator)
# Ausgabe: 3
```

... bis kein Element drin ist => `StopIteration`-Exception

listings/v4_iter6.py

```
next(iterator)
# Ausgabe:
# -----
# StopIteration                                Traceback (most recent call last)
# <ipython-input-8-4ce711c44abc> in <module>()
# ----> 1 next(iterator)
#
# StopIteration:
```

9.2 Generatoren

Ein Generator ist auch ein Iterator.

Ein Generator wird erstellt, indem man eine Funktion aufruft, die eine oder mehrere `yield`-Anweisungen hat:

listings/v4_iter7.py

```
def fibonacci_zahlen():
    a = 0
    b = 1
    while True:
        yield b
        a, b = b, a + b

print(type(fibonacci_zahlen))
# Ausgabe: <type 'function'>
f = fibonacci_zahlen()
print(type(f))
# Ausgabe: <type 'generator'>
```

Bei der `yield`-Anweisung wird die Funktion (wie mit `return`) verlassen, aber Python merkt sich

- den Zustand der lokalen Variable
- und wo der Generator verlassen wurde.

listings/v4_iter8.py

```
next(f)
# Ausgabe: 1
for n in range(10):
    print(next(f))
# Ausgabe:
```

```
# 1
# 2
# 3
# 5
# 8
# 13
# 21
# 34
# 55
# 89
```

9.2.1 Generator-Expression

Ein Generator kann auch mit einem Ausdruck definiert werden:

listings/v4_iter9.py

```
gen = (i*i for i in range(1, 10)) # wie List Comprehension, aber mit runden
    Klammern
print(type(gen))
# Ausgabe: <type 'generator'>
```

9.2.2 send()-Methode, Generator als Coroutine

Die send()-Methode verhält sich im Prinzip wie die next()-Methode, aber sendet gleichzeitig noch einen Wert an den Generator:

listings/v4_iter10.py

```
def counter():
    n = 0
    while True:
        wert = yield n # next() liefert None zurueck, send(x) liefert x zurueck
        if wert is not None:
            n = wert
        else:
            n += 1

c = counter()
next(c)
# Ausgabe: 0
c.send(50)
# Ausgabe: 50
next(c)
# Ausgabe: 51
```

10 Listen und Tupel im Detail

- Tupel
 - Packing
 - Unpacking
- Listen
 - Elemente hinzufügen
 - Sortieren

10.1 Tupel

Leeres Tupel:

listings/v4_tupel1.py

```
t = ()
print(type(t))
# Ausgabe: <type 'tuple'>
```

Tupel mit einem Element:

listings/v4_tupel2.py

```
t = (5,)
print(type(t))
# Ausgabe: <type 'tuple'>
```

Mehrfachzuweisung:

listings/v4_tupel3.py

```
x, y, z = 1, 2, 3
print(x)      # Ausgabe: 1
print(y)      # Ausgabe: 2
print(z)      # Ausgabe: 3
```

Packing:

listings/v4_tupel4.py

```
t = 'Peter', 'Mueller'
t
# Ausgabe: ('Peter', 'Mueller')
```

Unpacking:

listings/v4_tupel5.py

```
vorname, nachname = t
print(vorname)  # Ausgabe: Peter
print(nachname) # Ausgabe: Mueller
```

Packing mit Rest:

listings/v4_tupel6.py

```
vorname, nachname, *adresse = ('Peter', 'Mueller', 'Oberseestrasse_10', 8640, 'Rapperswil')
print(vorname)  # Ausgabe: Peter
print(nachname) # Ausgabe: Mueller
print(adresse)  # Ausgabe: Oberseestrasse 10, 8640, Rapperswil
```

10.2 Listen

10.2.1 Element hinzufügen

listings/v4_tupel7.py

```
liste = ['a', 'b', 'c']
liste.append('X') # rechts
liste
# Ausgabe: ['a', 'b', 'c', 'X']
liste.insert(2, 'Y') # mit Index
liste
# Ausgabe: ['a', 'b', 'Y', 'c', 'X']
```

10.2.2 Mehrere Elemente hinzufügen

listings/v4_tupel8.py

```
liste = ['a', 'b', 'c']
```

```

liste = liste + [1, 2] # zu vermeiden, sehr langsam
liste
# Ausgabe: ['a', 'b', 'c', 1, 2]
liste += [3, 4] # viel schneller
liste
# Ausgabe: ['a', 'b', 'c', 1, 2, 1, 2, 3, 4]
liste.extend([5, 6]) # noch schneller
liste
# Ausgabe: ['a', 'b', 'c', 1, 2, 1, 2, 3, 4, 3, 4, 5, 6]

```

Mehrere Elemente zwischendrin einfügen:

listings/v4_tupel9.py

```

liste[3:3] = ['#', '$']
liste
# Ausgabe: ['a', 'b', 'c', '#', '$', 1, 2, 1, 2, 3, 4, 3, 4, 5, 6]

```

10.2.3 Elemente ersetzen

listings/v4_tupel10.py

```

liste = ['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f']

```

Einzelnes Element:

listings/v4_tupel11.py

```

liste[1] = 'B'
liste
# Ausgabe: ['a', 'B', 'c', '#', '$', 1, 2, 1, 2, 3, 4, 3, 4, 5, 6]

```

Einen ganzen Bereich:

listings/v4_tupel12.py

```

liste[3:] = ['D', 'E']
liste
# Ausgabe: ['a', 'B', 'c', 'D', 'E']

```

10.2.4 Element entfernen

listings/v4_tupel13.py

```

liste = ['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f']

element = liste.pop() # letztes Element rechts
print(element) # Ausgabe: f
liste # Ausgabe: ['a', 'b', 'c', 'd', 'e']

element = liste.pop(0) # mit Index
print(element) # Ausgabe: a
liste # Ausgabe: ['b', 'c', 'd', 'e']

liste.remove('c') # mit einem bestimmten Wert
liste # Ausgabe: ['b', 'd', 'e']

```

10.3 Sortieren

sorted() liefert eine neue sortierte Liste zurück:

listings/v4_tupel14.py

```

liste = [2, 5, 3, 4, 1]
sortiert = sorted(liste)
print('Liste:', liste)           # Ausgabe: ('Liste:', [2, 5, 3, 4, 1])
print('sortiert:', sortiert)     # Ausgabe: ('sortiert:', [1, 2, 3, 4, 5])

t = (5,4,3)
sortiert = sorted(t)
sortiert           # Ausgabe: [3, 4, 5]

s = 'python'
sortiert = sorted(s)
sortiert           # Ausgabe: ['h', 'n', 'o', 'p', 't', 'y']

```

sort() modifiziert die Liste selbst (In-Place-Sortierung):

listings/v4_tupel15.py

```

liste.sort()
liste           # Ausgabe: [1, 2, 3, 4, 5]

```

10.3.1 Umgekehrte Reihenfolge

listings/v4_tupel16.py

```

liste = [2, 5, 3, 4, 1]
sortiert = sorted(liste, reverse=True)
print('Liste:', liste)           # Ausgabe: ('Liste:', [2, 5, 3, 4, 1])
print('sortiert:', sortiert)     # Ausgabe: ('sortiert:', [5, 4, 3, 2, 1])

liste.sort(reverse=True)
liste           # Ausgabe: [5, 4, 3, 2, 1]

```

10.3.2 Mit spezieller Funktion

listings/v4_tupel17.py

```

liste = ['laenger', 'lang', 'am_laengsten']
sorted(liste, key=len)
# Ausgabe: ['lang', 'laenger', 'am laengsten']

# nur [1]-tes Element (stabile Sortierung)
liste = [('a', 3), ('a', 2), ('c', 1), ('b', 1)]
from operator import itemgetter
sorted(liste, key=itemgetter(1))
# Ausgabe: [('c', 1), ('b', 1), ('a', 2), ('a', 3)]
sorted(liste, key=lambda x: x[1])
# Ausgabe: [('c', 1), ('b', 1), ('a', 2), ('a', 3)]
sorted(liste) # zuerst nach dem ersten Unterelement sortieren, dann nach dem
              zweiten, ...
# Ausgabe: [('a', 2), ('a', 3), ('b', 1), ('c', 1)]

```

10.3.3 collections.deque

Falls ein Stack oder FIFO-Buffer mit folgenden Eigenschaften benötigt wird:

- Thread-sicher
- Speicher-optimiert

- schnell

<https://docs.python.org/3/library/collections.html#collections.deque>

listings/v4_tupel18.py

```
from collections import deque
liste = deque([1, 2, 3])
print(liste)                # Ausgabe: deque([1, 2, 3])
liste.rotate(1)
print(liste)                # Ausgabe: deque([3, 1, 2])
endlich_lang = deque(maxlen=5)
for n in range(10):
    endlich_lang.append(n)
    print(list(endlich_lang))
# Ausgabe:
# [0]
# [0, 1]
# [0, 1, 2]
# [0, 1, 2, 3]
# [0, 1, 2, 3, 4]
# [1, 2, 3, 4, 5]
# [2, 3, 4, 5, 6]
# [3, 4, 5, 6, 7]
# [4, 5, 6, 7, 8]
# [5, 6, 7, 8, 9]
```

11 lambda, map, filter und reduce

- lambda
 - anonyme Funktionen bauen
- map, filter und reduce
 - Hilfsmittel für die funktionale Programmierung
 - auch mit List Comprehension möglich

11.1 lambda

Mit lambda können anonyme Funktionen definiert werden.

listings/v4_tupel19.py

```
summe = lambda x,y: x + y
print(type(summe))          # Ausgabe: <type 'function'>
summe(2, 3)                 # Ausgabe: 5
```

11.2 map

sequenz = map(funktion, sequenz)

Wendet die Funktion auf alle Elemente der Sequenz an und gibt die Resultate als Sequenz zurück.

listings/v4_tupel20.py

```
list(map(lambda x: x*x, [1, 2, 3]))
# Ausgabe: [1, 4, 9]
```

Funktion mit zwei Parametern benötigt zwei Listen:

listings/v4_tupel21.py

```
list(map(lambda x,y: x + y, [1, 2, 3], [10, 20, 30]))
# Ausgabe: [11, 22, 33]
```

11.3 filter

sequenz = filter(funktion, sequenz)

Wendet die Funktion auf alle Elemente der Sequenz an und gibt nur diejenige Elemente zurück, für die die Funktion True liefert.

listings/v4_tupel22.py

```
list(filter(lambda x: True if x >= 0 else False, [5, -8, 3, -1]))  
# Ausgabe: [5, 3]
```

11.4 reduce

resultat = reduce(funktion, sequenz)

Wendet die Funktion (mit zwei Parametern) fortlaufen auf die Sequenz an und liefert einen einzelnen Wert zurück.

listings/v4_tupel23.py

```
from functools import reduce  
  
# (((10 + 20)/2 + 30)/2 + 40)/2  
reduce(lambda x, y: (x + y)/2, [10, 20, 30, 40]) # Ausgabe: 31
```


Lektion 5: Reguläre Ausdrücke

- Regular Expressions (RE, regex, regex pattern)
- Bilden eine kleine Programmiersprache innerhalb von Python
- Sind verfügbar im re-Modul (<https://docs.python.org/3/library/re.html>) - `import re`
- Definieren Muster, auf die nur gewisse Strings passen, z.B.:
 - Entspricht die angegebene E-Mail-Adresse dem Muster?
 - Welche Wörter im Text beginnen mit "ver-" und enden mit "-en"?
- Die meisten Buchstaben und Zeichen passen auf sich selbst:
 - `test` passt genau auf sich selbst
- Folgende Metazeichen haben eine spezielle Bedeutung:
 - `^` \$ * + ? { } [] \ | ()
 - `.` passt auf alle Zeichen, ausser Newline-Zeichen

12 Zeichen-Klassen

- Die Metazeichen `[` und `]` definieren eine Zeichen-Klasse
 - `abc` passt auf alle Zeichen a, b oder c
 - `a-z` passt auf einen Kleinbuchstaben
 - `a-zA-Z` passt auf einen Klein- oder Grossbuchstaben
- Andere Metazeichen sind in Zeichen-Klasse nicht aktiv:
 - `akm$` passt auf die Zeichen a, k, m oder \$, wobei \$ sonst ein Metazeichen ist.
- Das `^`-Zeichen definiert die komplementäre Menge:
 - `^abc` passt auf alle Zeichen, ausser a, b und c
- Vordefinierte Zeichen-Klassen:

<code>\d</code>	Dezimalziffer	<code>[0-9]</code>
<code>\D</code>	keine Dezimalziffer	<code>[^0-9]</code>
<code>\s</code>	Leer- oder Steuerzeichen	<code>[\t\n\r\f\v]</code>
<code>\S</code>	kein Leer- oder Steuerzeichen	<code>[^\t\n\r\f\v]</code>
<code>\w</code>	Unicode-Wortzeichen (auch Umlaute)	<code>[a-zA-Z0-9_]</code>
<code>\W</code>	kein Wortzeichen	<code>[^a-zA-Z0-9_]</code>
- Verwendung in Zeichen-Klassen:
 - `[A-Fa-f\d]` passt auf eine Hexadezimalziffer
 - `[\s,.]` passt auf ein Leerzeichen, Komma oder Punkt

13 Wiederholungen (Quantoren)

- 0 oder mehrmals
 - * `ca*t` passt auf `ct`, `cat`, `caat`, ...
 - `a[0-9]*b` passt auf `ab`, `a538b`, `a0b`, ...
- 1 oder mehrmals
 - + `ca+t` passt nicht auf `ct`, aber `cat`, `caat`, ...
- 0 oder 1-mal
 - ? `10k?m` passt auf `10m` oder `10km`
- m bis n-mal
 - {m,n} `ab2,3c` passt auf `abbc` oder `abbbc`
 - {3} → genau 3-mal
 - {3,} → mindestens 3-mal

- Gierigkeit deaktivieren
? macht die obigen Wiederholungen nicht-gierig, z.B. <.+?>

14 Übereinstimmungen

- Funktionen, die Übereinstimmungen liefern:
 - `re.match()` Prüft, ob die RA am Stringanfang passt.
Gibt entweder None oder eine `match`-Objekt zurück.
 - `re.search()` Sucht erstes Auftreten vom RA im String.
Gibt entweder None oder ein `match`-Objekt zurück.
 - `re.findall()` Findet alle Teilstrings, die mit dem RA passen.
Gibt eine Liste mit allen Teilstrings zurück.
 - `re.finditer()` Findet alle Teilstrings, die mit dem RA passen.
Gibt einen Iterator zurück, der `match`-Objekte liefert.

14.1 match-Objekt

- Memberfunktionen eines `match`-Objekts:
 - `group()` Gibt den Teilstring zurück, der mit dem RA passt.
 - `start()` Gibt die Startposition des Teilstrings zurück.
 - `end()` Gibt die Endposition des Teilstrings zurück.
 - `span()` Gibt ein Tupel mit (`start`, `end`) zurück

14.2 Übereinstimmungen finden

re-Modul importieren:

listings/v5_ra1.py

```
import re
```

```
re.match(pattern, string, flags=0)
```

listings/v5_ra2.py

```
m = re.match(r'[a-z]+', 'hallo_welt!')
print(m)
# Ausgabe: <re.Match object; span=(0, 5), match='hallo'>

if m is not None:
    print('group:', m.group())
    print('start:', m.start())
    print('end:', m.end())
    print('span:', m.span())
else:
    print('keine Üebereinstimmung')
# Ausgabe:
# group: hallo
# start: 0
# end: 5
# span: (0, 5)
```

```
re.search(pattern, string, flags=0)
```

listings/v5_ra3.py

```
m = re.search(r'[a-z]+', '123_hallo_welt!')
print(m)
# Ausgabe: <re.Match object; span=(4, 9), match='hallo'>

if m is not None:
    print('group:', m.group())
    print('start:', m.start())
    print('end:', m.end())
    print('span:', m.span())
else:
    print('keine_Uebereinstimmung')
# Ausgabe:
# group: hallo
# start: 4
# end: 9
# span: (4, 9)
```

```
re.findall(pattern, string, flags=0)
```

listings/v5_ra4.py

```
liste = re.findall(r'[a-z]+', 'hallo_welt!')
print(liste)
# Ausgabe: ['hallo', 'welt']
```

```
re.finditer(pattern, string, flags=0)
```

listings/v5_ra5.py

```
for m in re.finditer(r'[a-z]+', 'hallo_welt!'):
    print('---')
    print('group:', m.group())
    print('start:', m.start())
    print('end:', m.end())
    print('span:', m.span())
# Ausgabe:
# ---
# group: hallo
# start: 0
# end: 5
# span: (0, 5)
# ---
# group: welt
# start: 6
# end: 10
# span: (6, 10)
```

15 Modifizierungen

- Funktionen, die Modifizierungen durchführen:

`re.split()` Trennt den String dort, wo der RA passt.

Gibt eine Liste mit den Teilstrings zurück.

`re.sub()` Ersetzt jeden Teilstring, der mit dem RA passt.

Gibt den neuen String zurück.

`re.subn()` Gleich wie bei `re.sub()`,

gibt aber einen Tupel (Neuer String, Anzahl) zurück.

re-Modul importieren:

listings/v5_ra1.py

```
import re
```

```
re.split(pattern, string, maxsplit=0, flags=0)
```

Der String wird überall dort getrennt, wo ein Teilstring auf den RA passt, z.B.: zwischen den Wörtern.

listings/v5_ra6.py

```
liste = re.split(r'\W+', 'Nun, dies ist ein (einfaches) Beispiel.')
print(liste)
# Ausgabe: ['Nun', 'dies', 'ist', 'ein', 'einfaches', 'Beispiel', '']
```

```
re.sub(pattern, repl, string, count=0, flags=0)
```

Jeder Teilstring, der auf den RA passt, wird mit dem repl-String ersetzt:

listings/v5_ra7.py

```
s = re.sub(r'\d+', '<Zahl>', '3 Stuecke kosten 250 Franken.')
print(s)
# Ausgabe: <Zahl> Stuecke kosten <Zahl> Franken.
```

Mit count kann die Anzahl Ersetzungen limitiert werden:

listings/v5_ra8.py

```
s = re.sub(r'\d+', '<Zahl>', '3 Stuecke kosten 250 Franken.', count=1)
print(s)
# Ausgabe: <Zahl> Stuecke kosten 250 Franken.
```

Eine Funktion bei repl angeben. Das Argument ist ein match-Objekt, der Rückgabewert muss ein String sein.

listings/v5_ra9.py

```
def func(m):
    return '(' + m.group() + ')'

s = re.sub(r'\d+', func, '3 Stuecke kosten 250 Franken.')
print(s)
# Ausgabe: (3) Stuecke kosten (250) Franken.
```

```
re.subn(pattern, repl, string, count=0, flags=0)
```

Gleich wie bei `re.sub()`, aber es wird ein Tupel mit dem neuen String und die Anzahl der Ersetzungen zurückgegeben:

listings/v5_ra10.py

```
resultat = re.subn(r'\d+', '<Zahl>', '3 Stuecke kosten 250 Franken.')
print(resultat)
# Ausgabe: (<Zahl> Stuecke kosten <Zahl> Franken.', 2)
```

16 Gruppierung

- Teile eines Ausdrucks können gruppiert werden
- Normale Gruppierung mit ()
 - (ab)+c passt auf abc, ababc, ...
 - (ab)\1 mit Rückwärtsreferenz, passt auf abab
- Benannte Gruppierung mit (?P<...>)
 - (?P<zahl>\d+) passt auf 13
 - (?P<zahl>\d+)-(?P=zahl) mit Referenz, passt auf 13-13
- Passive Gruppierung (non-capturing group) mit (?:...)

(?:ab) passt auf ab, Gruppe wird nicht hinterlegt

re-Modul importieren

listings/v5_ra1.py

```
import re
```

match-Objekt

Mittels der groups()-Memberfunktion eines match-Objektes erhält man ein Tupel mit den Übereinstimmungen der einzelnen Gruppen.

Folgende Funktionen liefern ein match-Objekt: re.match(), re.search(), und re.finditer().

listings/v5_ra11.py

```
m = re.search(r'(\d+)\s+([a-z]+)', '123_hallo_welt!')
if m is not None:
    print('groups():', m.groups())
    print('group(0):', m.group(0))
    print('group(1):', m.group(1))
    print('group(2):', m.group(2))
else:
    print('keine_Uebereinstimmung')
# Ausgabe:
# groups(): ('123', 'hallo')
# group(0): 123 hallo
# group(1): 123
# group(2): hallo
```

Mit benannten Gruppen:

listings/v5_ra12.py

```
m = re.search(r'(?P<zahl>\d+)\s+(?P<wort>\w+)', '123_hallo_welt!')
print(m.group('zahl')) # Ausgabe: 123
print(m.group('wort')) # Ausgabe: hallo
m.groupdict() # als Dictionary
# Ausgabe: {'zahl': '123', 'wort': 'hallo'}
```

re.findall()

Falls Gruppen im RA angegeben werden, dann werden nur die Übereinstimmungen der Gruppen als Liste von Tupeln zurückgegeben.

listings/v5_ra13.py

```
liste = re.findall(r'(\w+)=(\w+)', 'Jahrgang=1930,Name=Hans,Ort=Rappi')
print(liste) # Ausgabe: [('Jahrgang', '1930'), ('Name', 'Hans'), ('Ort', 'Rappi')]
liste = re.findall(r'Ort=(\w+)', 'Jahrgang=1930,Name=Hans,Ort=Rappi')
print(liste) # Ausgabe: ['Rappi']
liste = re.findall(r'(dum)\1', 'dumdum') # mit Rueckwaertsreferenz der Gruppe
```

```
print(liste) # Ausgabe: ['dum']
```

verschachtelte Gruppen, öffnende Klammern definieren die Reihenfolge

listings/v5_ra14.py

```
liste = re.findall(r'((dum)\2)', 'dumdum') # (dum) ist jetzt die zweite Gruppe
print(liste) # Ausgabe: [('dumdum', 'dum')]
```

re.split()

Falls Gruppen im RA angegeben werden, dann werden auch die Übereinstimmungen der Gruppen in der Liste zurückgegeben.

listings/v5_ra15.py

```
liste = re.split(r'(\W+)', 'Nun, dies ist ein (simples) Beispiel.')
print(liste) # Ausgabe: ['Nun', ' ', ' ', 'dies', ' ', ' ', 'ist', ' ', ' ', 'ein', ' (', ' ', 'simples', ') ', 'Beispiel', '.', '']
```

re.sub()

listings/v5_ra16.py

```
s = re.sub(r'(\d+)/(\d+)/(\d+)', r'\2.\1.\3', '03/20/2019') # mit Gruppen-Referenzen
print(s) # Ausgabe: 20.03.2019
```

16.1 Weitere Metazeichen

- Spezielle Prüfzeichen (belegen keinen Platz):

- | x|y passt entweder auf x oder y
- ^ steht für den Anfang des Strings
oder für den Anfang jeder Zeile (bei flag=re.MULTILINE)
- \$ steht für das Ende des Strings
oder für das Ende jeder Zeile (bei flag=re.MULTILINE)
- \A steht für den Anfang des Strings
- \Z steht für das Ende des Strings
- \b steht für eine Wortgrenze
- \B steht für das Gegenteil von \b

re-Modul importieren

listings/v5_ra1.py

```
import re
```

Entweder...oder...

listings/v5_ra17.py

```
for m in re.finditer(r'\d+(V|A)', '230V und 10A bei 230hm'):
    print(m.group())
# Ausgabe:
# 230V
# 10A
```

Anfang des Strings

listings/v5_ra18.py

```
re.findall(r'^\w+', 'Hallo_Welt') # Ausgabe: ['Hallo']
re.findall(r'^\w+', 'Erste_Zeile\nZweite_Zeile', flags=re.MULTILINE) # Ausgabe: ['Erste', 'Zweite']
re.findall(r'\A\d', '123456') # Ausgabe: ['1']
```

Ende des Strings

listings/v5_ra19.py

```
re.findall(r'\w+$', 'Hallo_Welt') # Ausgabe: ['Welt']
re.findall(r'\w+$', 'Punkt_A\nPunkt_B', flags=re.MULTILINE) # Ausgabe: ['A', 'B']
re.findall(r'\d\Z', '123456') # Ausgabe: ['6']
```

Wortgrenze

listings/v5_ra20.py

```
re.sub(r'\bschoen\b', 'herrlich', 'Das_Wetter_ist_schoen_oder_unschoen.')
# Ausgabe: 'Das Wetter ist herrlich oder unschoen.'
```

16.2 Look-around Assertions

- positive, vorausschauende Annahme
(?=Ausdruck) Ausdruck muss hier folgen
- negative, vorausschauende Annahme
(?!Ausdruck) Ausdruck darf hier nicht folgen
- positive, nach hinten schauende Annahme
(?<=Ausdruck) Ausdruck muss hier vorangehen
- negative, nach hinten schauende Annahme
(?<!=Ausdruck) Ausdruck darf hier nicht vorausgehen

Positive, vorausschauende Annahme

Nach dem Wort muss ".doc" folgen:

listings/v5_ra21.py

```
re.findall(r'\w+(?=\.doc)', 'bericht.doc_dokument.doc')
# Ausgabe: ['bericht', 'dokument']
```

Negative, vorausschauende Annahme

Nach den Buchstaben dürfen nicht Ziffern folgen:

listings/v5_ra22.py

```
re.findall(r'[A-Za-z]+(?!\d+)\b', 'abc123_cde')
# Ausgabe: ['cde']
```

Positive, nach hinten schauende Annahme

Vor den Ziffern muss ein #-Zeichen vorausgehen:

listings/v5_ra23.py

```
re.findall(r'(?<=#)\d+', '#10, #25, #66')
# Ausgabe: ['10', '25']
```

Negative, nach hinten schauende Annahme

Vor den Ziffern darf kein #-Zeichen vorausgehen:

listings/v5_ra24.py

```
re.findall(r'\b(?<!\#)\d+', '#10, #25, #66')
# Ausgabe: ['66']
```

Lektion 6: Klassen

17 Klassen

- Die Klassendefinition beginnt mit dem Schlüsselwort `class`

listings/v6_klassen1.py

```
class MeineKlasse:
    pass
```

- Eine Klasse mit Variablen und Methoden:

listings/v6_klassen2.py

```
class MeineKlasse:
    i = 0

    def __init__(self, name):
        self.name = name

    def gruss(self):
        print('Hallo', self.name)
```

17.1 Einfache Klasse definieren

listings/v6_klassen3.py

```
class MeineKlasse:
    '''Diese Klasse hat nicht viel drin.'''
    pass

MeineKlasse.__doc__
# Ausgabe: 'Diese Klasse hat nicht viel drin.'
help(MeineKlasse)
# Ausgabe:
# Help on class MeineKlasse in module __main__:
#
# class MeineKlasse(builtins.object)
# | Diese Klasse hat nicht viel drin.
# |
# | Data descriptors defined here:
# |
# | __dict__
# |     dictionary for instance variables (if defined)
# |
# | __weakref__
# |     list of weak references to the object (if defined)
```

17.2 Klasse instanzieren

listings/v6_klassen4.py

```
objekt = MeineKlasse()
```

17.3 Klassen- und Instanz-Variablen

listings/v6_klassen5.py

```
class MeineKlasse:
    speed_of_light = 299792458 # Klassen-Variable

    def __init__(self):
        self.name = 'unbekannt' # Instanz-Variable
```

Die Daten einer **Klassen-Variable** sind für alle Klassen-Objekte gleich.

listings/v6_klassen6.py

```
x = MeineKlasse()
y = MeineKlasse()
print('x:', x.speed_of_light) # Ausgabe: x: 299792458
print('y:', y.speed_of_light) # Ausgabe: y: 299792458
```

Die Daten einer **Instanz-Variable** sind für jedes Klassen-Objekt individuell.

listings/v6_klassen7.py

```
x.name = 'Hans'
y.name = 'Peter'
print(x.name) # Ausgabe: Hans
print(y.name) #Ausgabe: Peter
```

Achtung: bei gleichem Name haben die Instanz-Variablen Vorrang.

listings/v6_klassen8.py

```
x.speed_of_light = 10 # hier wird eine neue Instanz-Variable erzeugt
print('x:', x.speed_of_light) # Ausgabe: x: 10
print('y:', y.speed_of_light) # Ausgabe: y: 299792458
print('MeineKlasse:', MeineKlasse.speed_of_light) # Ausgabe: MeineKlasse:
299792458
```

17.4 Methoden

listings/v6_klassen9.py

```
class MeineKlasse:
    '''Beschreibung der Klasse.'''
    speed_of_light = 299792458

    def __init__(self, name):
        '''Diese Methode initialisiert die Variablen.'''
        self.name = name
        print(self.name, 'wurde_erstellt.')

    def __del__(self):
        '''Diese Methode räumt alles auf bevor es zerstört wird.'''
        print(self.name, 'wurde_zerstört.')

    def hallo(self):
        '''Sagt Hallo.'''
        print('Hallo', self.name)

help(MeineKlasse)
# Ausgabe:
# Help on class MeineKlasse in module __main__:
#
```

```
# class MeineKlasse(builtins.object)
# |   MeineKlasse(name)
# |
# |   Beschreibung der Klasse.
# |
# |   Methods defined here:
# |
# |   __del__(self)
# |       Diese Methode räumt alles auf bevor es zerstört wird.
# |
# |   __init__(self, name)
# |       Diese Methode initialisiert die Variablen.
# |
# |   hallo(self)
# |       Sagt Hallo.
# |
# |   -----
# |   Data descriptors defined here:
# |
# |   __dict__
# |       dictionary for instance variables (if defined)
# |
# |   __weakref__
# |       list of weak references to the object (if defined)
# |
# |   -----
# |   Data and other attributes defined here:
# |
# |   speed_of_light = 299792458
```

Unterschiede zwischen Methoden und einer gewöhnlichen Funktion:

- eine Methode wird innerhalb eines **class**-Blocks definiert.
- der erste Parameter (**self**) einer Methode ist immer eine Referenz auf die Instanz, von der sie aufgerufen wird.

Hinweise:

- Eine Variable, die mit "self." innerhalb einer Methode erstellt wird, ist automatisch eine Instanz-Variable.
- Eine Variable, z.B. speed_of_light, die ausserhalb einer Methode erstellt wird, ist automatisch eine Klassen-Variable.

17.4.1 __init__()-Methode

Sie dient zur Initialisierung der Instanz. Sie wird unmittelbar nach dem Konstruktor aufgerufen.

listings/v6_klassen10.py

```
s = MeineKlasse('Wall-E') # name='Wall-E'
# Ausgabe: Wall-E wurde erstellt.
```

Dringend empfohlen: alle Instanz-Variablen in der __init__()-Methode initialisieren.

17.4.2 __del__()-Methode

Sie wird aufgerufen, bevor die Instanz zerstört wird.

listings/v6_klassen11.py

```
del s # löscht nur die Referenz s auf das Objekt.
# Ausgabe: Wall-E wurde zerstört.
```

Hinweis: Das Objekt selber wird vom Garbage Collector entfernt, sobald keine Referenzen mehr darauf zeigen.

17.4.3 Methoden aufrufen

Der **self**-Parameter wird beim Aufruf nicht angegeben.

listings/v6_klassen12.py

```
s = MeineKlasse('Wall-E') # name='Wall-E'
s.hallo()
# Ausgabe:
# Wall-E wurde erstellt.
# Hallo Wall-E
```

Python bindet alle Methoden automatisch an die Instanz.

listings/v6_klassen13.py

```
print(s.hallo) # Ausgabe: <bound method MeineKlasse.hallo of <__main__.MeineKlasse
object at 0x0000010B581D24A8>>
```

Grundsätzlich entspricht dies dem folgenden Aufruf:

listings/v6_klassen14.py

```
MeineKlasse.hallo(self=s) # Ausgabe: Hallo Wall-E
```

17.4.4 Statische Methoden

Sie sind nicht an eine Instanz gebunden, d.h. sie benötigen keinen **self**-Parameter.

Variante 1:

listings/v6_klassen15.py

```
def quadrieren(x):
    return x*x

class MeineKlasse:
    quadrieren = staticmethod(quadrieren)
```

Variante 2 mit Dekorateur:

listings/v6_klassen16.py

```
class MeineKlasse:
    @staticmethod
    def quadrieren(x):
        return x*x

MeineKlasse.quadrieren(3) # Ausgabe: 9
```

17.4.5 Klassen-Methoden

Sie sind an eine Klasse gebunden. Variante 1:

listings/v6_klassen17.py

```
class MeineKlasse:
    speed_of_light = 299792458

    @classmethod
    def c0(cls):
        print('Speed_of_light=', cls.speed_of_light)

MeineKlasse.c0() # Ausgabe: Speed of light = 299792458
```

17.5 Datenabstraktion

- Datenabstraktion = Datenkapselung + Geheimnisprinzip
- Datenkapselung (Zugriff kontrollieren)
 - Setter- und Getter-Methoden
 `set_variable(value)`, `get_variable()`
- Geheimnisprinzip (interne Information verstecken)
 - `public`
 - `protected`
 - `private`

Der Zugang zu den Instanz-Attributen (Variablen und Methoden) sind in drei Stufen definiert: **public**, **protected** und **private**.

Hinweis: Das ist alles nur eine Konvention. In Python gibt es keinen Datenschutz.

listings/v6_klassen18.py

```
class MeineKlasse:

    def __init__(self):
        self.pub = 'Ich bin öffentlich.'
        self._prot = 'Ich bin protected.'
        self.__priv = 'Ich bin privat.'

    def pub_funktion(self):
        print(self.pub)

    def _prot_funktion(self):
        print(self._prot)

    def __priv_funktion(self):
        print(self.__priv)

objekt = MeineKlasse()
```

17.5.1 Public

Attribute ohne führende Unterstriche im Namen sind als **public** zu betrachten. Man kann und darf auch von ausserhalb der Klasse darauf zugreifen.

listings/v6_klassen19.py

```
objekt.pub = 'Hier macht jeder was er will.'
objekt.pub_funktion() # Ausgabe: Hier macht jeder was er will.
```

17.5.2 Protected

Attribute mit einem führenden Unterstrich im Namen sind als **protected** zu betrachten, d.h. man könnte theoretisch von aussen darauf zugreifen, man sollte aber nicht, es ist unerwünscht. Sie werden v.a. bei Vererbungen wichtig.

listings/v6_klassen20.py

```
print(objekt._prot) # Ausgabe: Ich bin protected.
objekt._prot_funktion() # Ausgabe: Ich bin protected.
```

17.5.3 Private

Attribute mit zwei führenden Unterstrichen im Namen sind **private**. Sie sind von aussen nicht sichtbar.

listings/v6_klassen21.py

```

objekt.__priv # Ausgabe:
# -----
# AttributeError                                Traceback (most recent call last)
# <ipython-input-5-9bcc05561362> in <module>
# ----> 1 objekt.__priv
#
# AttributeError: 'MeineKlasse' object has no attribute '__priv'

objekt.__priv_funktion() # Ausgabe:
# -----
# AttributeError                                Traceback (most recent call last)
# <ipython-input-16-6e6c693108e6> in <module>
# ----> 1 objekt.__priv_funktion()
#
# AttributeError: 'MeineKlasse' object has no attribute '__priv_funktion'

```

Im Prinzip gibt es einen Umweg um dies zu umgehen. **Achtung:** höchst illegal!

listings/v6_klassen22.py

```

objekt.__dict__ # Ausgabe:
# {'pub': 'Hier macht jeder was er will.',
#  '_prot': 'Ich bin protected.',
#  '_MeineKlasse__priv': 'Ich bin privat.'}

dir(objekt) # Ausgabe:
# ['_MeineKlasse__priv', '_MeineKlasse__priv_funktion', '__class__',
#  '__delattr__', '__dict__', '__dir__', '__doc__', '__eq__', '__format__',
#  '__ge__', '__getattr__', '__gt__', '__hash__', '__init__',
#  '__init_subclass__', '__le__', '__lt__', '__module__', '__ne__',
#  '__new__', '__reduce__', '__reduce_ex__', '__repr__', '__setattr__',
#  '__sizeof__', '__str__', '__subclasshook__', '__weakref__', '_prot',
#  '_prot_funktion', 'pub', 'pub_funktion']

objekt._MeineKlasse__priv # Ausgabe: 'Ich bin privat.'
objekt._MeineKlasse__priv_funktion() # Ausgabe: Ich bin privat.

```

17.5.4 Setter- und Getter-Methoden

Setter- und Getter-Methoden für private Instanz-Variablen auf phytonsche Art und Weise implementieren.

Konventionell: Set- und Get-Methoden explizit benutzen.

listings/v6_klassen23.py

```

class Bank:
    def __init__(self):
        self.__guthaben = 0

    def get_guthaben(self):
        print('Das Guthaben wurde abgefragt.')
        return self.__guthaben

    def set_guthaben(self, n):
        self.__guthaben = n
        print('Das Guthaben wurde auf {} geändert.'.format(self.__guthaben))

k = Bank()
k.set_guthaben(1000000) # Ausgabe: Das Guthaben wurde auf 1000000 geändert.

```

```
print(k.get_guthaben()) # Ausgabe: Das Guthaben wurde abgefragt.
# Ausgabe: 10000000
```

Property: Von aussen wie auf eine öffentliche Variable zugreifen, Set- und Get-Methoden werden implizit aufgerufen.

<https://docs.python.org/3/library/functions.html#property>

listings/v6_klassen24.py

```
class Bank:
    def __init__(self):
        self.__guthaben = 0

    def __get_guthaben(self):
        print('Das Guthaben wurde abgefragt.')
        return self.__guthaben

    def __set_guthaben(self, n):
        self.__guthaben = n
        print('Das Guthaben wurde auf {} geändert.'.format(self.__guthaben))

    guthaben = property(__get_guthaben, __set_guthaben)

k = Bank()
k.guthaben = 10000000 # Ausgabe: Das Guthaben wurde auf 10000000 geändert.
print(k.guthaben) # Ausgabe: Das Guthaben wurde abgefragt.
# Ausgabe: 10000000
```

Property mit Dekorateuren: Auf pythonische Art und Weise.

<https://docs.python.org/3/glossary.html#term-decorator>

listings/v6_klassen25.py

```
class Bank:
    def __init__(self):
        self.__guthaben = 0

    @property
    def guthaben(self):
        print('Das Guthaben wurde abgefragt.')
        return self.__guthaben

    @guthaben.setter
    def guthaben(self, n):
        self.__guthaben = n
        print('Das Guthaben wurde auf {} geändert.'.format(self.__guthaben))

k = Bank()
k.guthaben = 10000000 # Ausgabe: Das Guthaben wurde auf 10000000 geändert.
print(k.guthaben) # Ausgabe: Das Guthaben wurde abgefragt.
# Ausgabe: 10000000
```

17.6 Magische Methoden

- Besondere Fähigkeiten für Klassen
(<https://docs.python.org/3/reference/datamodel.html#special-method-names>)
- Grundfunktionen
 - `__init__()`, `__del__()`, `__str__()`, ...
- Operatoren überladen

- binäre Operatoren: + - / * % ...
- numerische Operatoren: `__int__()`, `__float__()`, `__abs__()`, ...
- ...
- Containertypen emulieren
 - `__len__()`, `__iter__()`, `__contains__()`, ...
- ...

Sie sind spezielle Methoden, um Klassen besondere Fähigkeiten zu geben. Es werden hier nur einige Beispiele gezeigt.

17.6.1 Grundmethoden

<https://docs.python.org/3/reference/datamodel.html#basic-customization>

Zwei davon haben wir schon kennengelernt:

- `__init__()`
- `__del__()`

Der Rückgabewert von `__str__()` gibt an, was `str(obj)` zurückgeben soll, z.B.:

listings/v6_klassen26.py

```
class Konto:
    def __init__(self, guthaben, iban):
        self.guthaben = guthaben
        self.iban = iban

    def __str__(self):
        return 'IBAN:_{ }\nGuthaben:_{ }'.format(self.iban, self.guthaben)

k = Konto(50, 'CH42_4738_2934_9267_0878_5')
print(k) # Ausgabe:
# IBAN: CH42 4738 2934 9267 0878 5
# Guthaben: 50
```

17.6.2 Numerische Datentypen emulieren

<https://docs.python.org/3/reference/datamodel.html#emulating-numeric-types>

Der Rückgabewert von `__float__()` gibt an, was `float(obj)` zurückgeben soll.

Mit der `__add__()`-Methode wird der + Operator überladen.

Mit der `__sub__()`-Methode wird der - Operator überladen.

listings/v6_klassen27.py

```
class Konto:
    def __init__(self, guthaben, iban):
        self.guthaben = guthaben
        self.iban = iban

    def __float__(self):
        return float(self.guthaben)

    def __add__(self, other):
        return self.guthaben + other.guthaben

    def __sub__(self, other):
        return self.guthaben - other.guthaben

k1 = Konto(50, 'CH42_4738_2934_9267_0878_5')
k2 = Konto(23, 'CH27_1036_5802_2994_9234_3')
print('float(k1)=', float(k1)) # Ausgabe: float(k1) = 50.0
print('float(k2)=', float(k2)) # Ausgabe: float(k2) = 23.0
```

```
print('k1+k2=', k1 + k2) # Ausgabe: k1 + k2 = 73
print('k1-k2=', k1 - k2) # Ausgabe: k1 - k2 = 27
```

17.7 Klassen testen

- Klassen werden in separate Pythondateien gespeichert
- Testcode in die gleiche Datei integrieren
- Testcode in eine if-Anweisung platzieren:

listings/v6_klassen28.py

```
if __name__ == '__main__':
    Testcode
```

listings/v6_my_module.py

```
# -*- coding: utf-8 -*-
print('Dies ist {}: \n__name__={}'.format(__file__, __name__))

class MeineKlasse:
    def __init__(self, name):
        self.name = name

    def gruss(self):
        print('Hallo', self.name)

# -----
if __name__ == '__main__':
    k = MeineKlasse('Python')
    k.gruss()

# Konsolen-Ausgabe:
# Dies ist C:/Users/Noah/Documents/GitHub/Python_Zusammenfassung/listings/
# v6_my_module.py:
# __name__ = __main__
# Hallo Python
```

listings/scripts/my_other_module.py

```
# -*- coding: utf-8 -*-
print('Dies ist {}: \n__name__={}'.format(__file__, __name__))

class Bank:
    def __init__(self):
        self.__guthaben = 0

    @property
    def guthaben(self):
        print('Das Guthaben wurde abgefragt.')
        return self.__guthaben

    @guthaben.setter
    def guthaben(self, n):
        self.__guthaben = n
        print('Das Guthaben wurde auf {} geändert.'.format(self.__guthaben))

# --- Klasse testen -----
if __name__ == '__main__':
```



```

b = Bank()
b.guthaben = 1000
print(b.guthaben)

# Konsolen-Ausgabe:
# Dies ist C:/Users/Noah/Documents/GitHub/Python_Zusammenfassung/listings/scripts/
# my_other_module.py:
# __name__ = __main__
# Das Guthaben wurde auf 1000 geaendert.
# Das Guthaben wurde abgefragt.
# 1000

```

17.8 Eigenes Modul importieren

- Klasse aus einer separaten Pythondatei importieren
 - aus dem gleichen Verzeichnis
 - aus einem anderen Verzeichnis

<https://docs.python.org/3/tutorial/modules.html>

17.8.1 Aus dem gleichen Verzeichnis

listings/v6_klassen29.py

```

from my_module import MeineKlasse
# Ausgabe: Dies ist C:\Users\Noah\switchdrive\Python\vorlesung\w06\code\my_module.
# py:
# __name__ = my_module
m = MeineKlasse('Python_User')
m.gruss() # Ausgabe: Hallo Python User

```

17.8.2 Aus einem andere Verzeichnis

listings/v6_klassen30.py

```

import sys
sys.path.append('scripts')
print('\n'.join(sys.path)) # Liste der Suchorte
# Ausgabe: *alle in Frage kommenden Verzeichnisse*

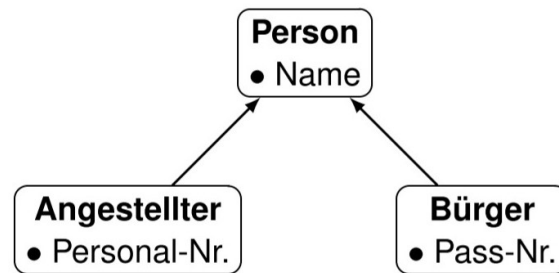
from my_other_module import Bank # Ausgabe:
# Dies ist scripts\my_other_module.py:
# __name__ = my_other_module
b = Bank()
b.guthaben = 500.0 # Ausgabe: Das Guthaben wurde auf 500.0 geaendert.

```

Lektion 7: Vererbungen und Mehrfachvererbungen

18 Vererbung

- eine neue Klasse aus einer bestehenden Klasse ableiten:
- **Person** ist eine: Oberklasse, Basisklasse, Elternklasse oder Superklasse
- **Angestellter** und **Bürger** sind eine: Unterklasse, abgeleitete Klasse, Kindklasse oder Subklasse
- Superklasse/Basisklasse:



listings/v7_vererbung1.py

```
class Person:
    pass
```

- Für die Vererbung: Superklasse in runden Klammern angeben
- Subklasse/abgeleitete Klasse:

listings/v7_vererbung2.py

```
class Angestellter(Person):
    pass
```

- Variablen und Methoden (public und protected) werden direkt übernommen:

listings/v7_vererbung3.py

```
class Person:
    var = 123

    def func(self):
        print('Person')

class Angestellter(Person):
    pass

a = Angestellter()
print(a.var) # Ausgabe: 123
a.func() # Ausgabe: Person
```

- Methoden werden überschrieben, falls sie gleich heissen:

listings/v7_vererbung4.py

```
class Person:
    def func(self):
        print('Person')

class Angestellter(Person):
    def func(self):
        print('Angestellter')

a = Angestellter()
a.func() # Ausgabe: Angestellter
```

- Zugriff auf die Superklasse mit `super()`

listings/v7_vererbung5.py

```
class Person:
    def func(self):
        print('Person')

class Angestellter(Person):
    def func(self):
        super().func()
        print('Angestellter')

a = Angestellter()
a.func() # Ausgabe:
# Person
# Angestellter
```

18.1 Beispiel

listings/v7_vererbung6.py

```
class Person:
    def __init__(self, name):
        self.name = name
        print('__init__() von Person')
```

Die Person-Klasse instanzieren:

listings/v7_vererbung7.py

```
p = Person('Laura') # Ausgabe: __init__() von Person
print(p.name) # Ausgabe: Laura
```

Angestellte-Klasse erbt von der Person-Klasse:

listings/v7_vererbung8.py

```
class Angestellter(Person):
    def __init__(self, name, personalnummer):
        # Initialisierungsmethode der Superklasse aufrufen
        super().__init__(name)
        # oder Person.__init__(self, name)
        self.personalnummer = personalnummer
        print('__init__() von Angestellter')
```

Die Angestellter-Klasse instanzieren:

listings/v7_vererbung9.py

```
a = Angestellter('Max', 123456) # Ausgabe:
# __init__() von Person
# __init__() von Angestellter

print(a.name) # Ausgabe: Max
print(a.personalnummer) # Ausgabe: 123456
```

18.2 public, protected und private

Die Konvention ist wie folgt:

public: für öffentliche Variablen und Methoden

protected: (1 führender Unterstrich) für nicht-öffentliche Variablen und Methoden

private: (2 führende Unterstriche) für nicht-öffentliche Variablen und Methoden, um Namenskonflikte in Subklassen zu vermeiden

<https://www.python.org/dev/peps/pep-0008/#method-names-and-instance-variables>

listings/v7_vererbung10.py

```
class SuperKlasse:
    def __init__(self):
        self.pub = 'public_Variable'
        self._prot = 'protected_Variable'
        self.__priv = 'private_Variable'

    def pub_func(self):
        print('public_Methode')

    def _prot_func(self):
        print('protected_Methode')

    def __priv_func(self):
        print('private_Methode')

class SubKlasse(SuperKlasse):
    def __init__(self):
        self.pub_func()
        self._prot_func()
        self.__priv_func() # nicht erreichbar, kann in der Subklasse
                           wiederbenutzt werden

sub = SubKlasse() # Ausgabe:
# public Methode
# protected Methode

# -----
# AttributeError                                Traceback (most recent call last)
# <ipython-input-12-479270c9858a> in <module>
# ----> 1 sub = SubKlasse()

# <ipython-input-11-1794f0b16121> in __init__(self)
#      3         self.pub_func()
#      4         self._prot_func()
# ----> 5         self.__priv_func() # nicht erreichbar, kann in der Subklasse
#         wiederbenutzt werden

# AttributeError: 'SubKlasse' object has no attribute '_SubKlasse__priv_func'
```

19 Mehrfachvererbung

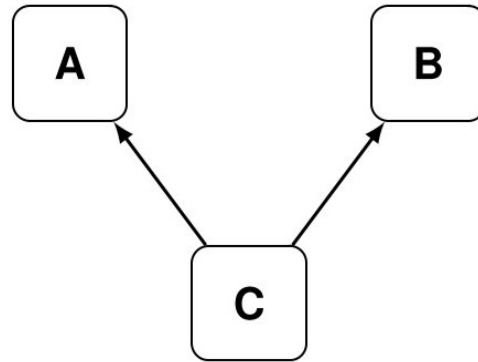
- Eine Subklasse kann von mehreren Superklassen erben:

listings/v7_vererbung11.py

```
class A:
    pass

class B:
    pass

class C(A, B):
    pass
```



Am besten die `__init__`-Methode der Klassen kooperativ machen, d.h.

- immer `super()` benutzen
- Schlüsselwort-Argumente benutzen
- unbenutzte Schlüsselwort-Argumente weitergeben (`**kwargs`)

listings/v7_vererbung12.py

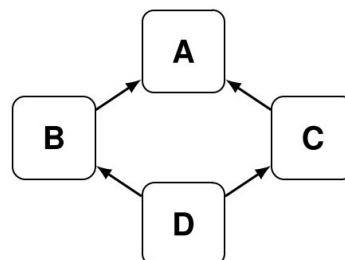
```
class Fahrzeug:
    def __init__(self, antrieb, **kwargs):
        print('Fahrzeug.__init__()', 'kwargs=', kwargs)
        super().__init__(**kwargs)
        self.antrieb = antrieb

class Computer:
    def __init__(self, display, **kwargs):
        print('Computer.__init__()', 'kwargs=', kwargs)
        super().__init__(**kwargs)
        self.display = display

class Tesla(Fahrzeug, Computer):
    def __init__(self, display, dual_motor, **kwargs):
        print('Tesla.__init__()')
        super().__init__(
            antrieb='elektrisch',
            display=display,
            **kwargs
        )
        self.dual_motor = dual_motor

t = Tesla(display='17_Zoll', dual_motor=True) # Ausgabe:
# Tesla.__init__()
# Fahrzeug.__init__(), kwargs = {'display': '17 Zoll'}
# Computer.__init__(), kwargs = {}
t.__dict__ # Ausgabe: {'display': '17 Zoll', 'antrieb': 'elektrisch', 'dual_motor': True}
```

- `super()` ruft automatisch die Methode der nächsten Klasse auf
- Method Resolution Order (MRO) → C4 Superclass Linearization (https://en.wikipedia.org/wiki/C3_linearization)
- Diamond-Problem ist kein Problem mit `super()`



19.0.1 MRO

Mehrfachvererbung in Diamant-Anordnung:

listings/v7_vererbung13.py

```
class A:
    def __init__(self):
        print("A.__init__")
        super().__init__()

class B(A):
    def __init__(self):
        print("B.__init__")
        super().__init__()

class C(A):
    def __init__(self):
        print("C.__init__")
        super().__init__()

class D(B, C):
    def __init__(self):
        print("D.__init__")
        super().__init__()
```

super() ruft die Methoden der Reihe nach auf:

listings/v7_vererbung14.py

```
d = D() # Ausgabe:
# D.__init__
# B.__init__
# C.__init__
# A.__init__
```

Die Reihenfolge wird vom MRO-Algorithmus festgelegt:

listings/v7_vererbung15.py

```
D.mro() # Ausgabe: [__main__.D, __main__.B, __main__.C, __main__.A, object]
```

Lektion 8: NumPy und Matplotlib

20 NumPy

- Python-Bibliothek
import numpy as np
- Einfache Handhabung mit Vektoren und Matrizen
 - mehrdimensionale Arrays
- Funktionen für numerische Berechnungen
 - Grundlegende Operationen
 - Mathematische Funktionen (sin, cos, sqrt, exp, ...)
 - Lineare Algebra
 - ...
- Effiziente und schnelle Ausführung
 - kompilierte Funktionen und Algorithmen
 - Array-basierte Operationen → keine for-Schleifen
- Ähnlichkeit zu MATLAB®
<https://docs.scipy.org/doc/numpy/user/numpy-for-matlab-users.htm>

20.1 ndarray erzeugen

- N-dimensionales Array (<https://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/generated/numpy.ndarray.html>)
- ndarray erzeugen

listings/v8_numpy1.py

```
arr1 = np.array([1, 2, 3])
print(arr1) # Ausgabe: [1 2 3]
arr2 = np.array([[1, 2, 3], [4, 5, 6]])
print(arr2) # Ausgabe:
# [[1 2 3]
#  [4 5 6]]
arr2.ndim # Ausgabe: 2
arr2.shape # Ausgabe: (2, 3)
```

- Weitere Funktionen, um Arrays zu erzeugen

Funktion	Resultat
np.arange(3)	array([0, 1, 2])
np.ones((2,2))	array([[1., 1.], [1., 1.]])
np.ones_like(arr1)	array([1, 1, 1])
np.zeros((2,2))	array([[0., 0.], [0., 0.]])
np.zeros_like(arr1)	array([0, 0, 0])
np.full((2,2), 7.0)	array([[7., 7.], [7., 7.]])
np.full_like(arr1, 7)	array([7, 7, 7])
np.eye(2)	array([[1., 0.], [0., 1.]])
np.identity(2)	array([[1., 0.], [0., 1.]])
np.linspace(0, 1, 5)	array([0., 0.25, 0.5, 0.75, 1.])
np.logspace(0, 1, 4)	array([1., 2.1544, 4.6416, 10.])
np.random.randn(3)	array([0.7576, 0.0135, -0.8934])

20.1.1 ndarray-Datentypen

- Datentyp wird automatisch ermittelt, z.B. `np.int64` oder `np.float64`
- Datentyp erzwingen
`np.array([1, 2, 3], dtype=np.complex)`
- Mögliche Datentypen

<code>np.int8, np.uint8</code>	8-Bit Ganzzahlen
<code>np.int16, np.uint16</code>	16-Bit Ganzzahlen
<code>np.int32, np.uint32</code>	32-Bit Ganzzahlen
<code>np.int64, np.uint64</code>	64-Bit Ganzzahlen
<code>np.float16</code>	Float mit halber Genauigkeit
<code>np.float32</code>	Float mit einfacher Genauigkeit
<code>np.float64</code>	Float mit doppelter Genauigkeit
<code>np.float128</code>	Float mit vierfacher Genauigkeit
<code>np.complex64/128/256</code>	Komplexe Zahl
<code>np.bool</code>	Boolescher Wert, True/False

20.2 Arithmetische Operationen

- Arithmetische Operationen werden elementweise ausgeführt

listings/v8_numpy2.py

```
arr = np.array([1., 2., 3.])
```

Operation	Resultat
<code>arr + arr</code>	<code>array([2., 4., 6.])</code>
<code>arr + 1</code>	<code>array([2., 3., 4.])</code>
<code>arr - arr</code>	<code>array([0., 0., 0.])</code>
<code>arr - 1</code>	<code>array([0., 1., 2.])</code>
<code>arr*arr</code>	<code>array([1., 4., 9.])</code>
<code>arr*2</code>	<code>array([2., 4., 6.])</code>
<code>arr/arr</code>	<code>array([1., 1., 1.])</code>
<code>arr/2</code>	<code>array([0.5, 1., 1.5])</code>
<code>arr**2</code>	<code>array([1., 4., 9.])</code>
<code>arr > 2</code>	<code>array([False, False, True], dtype=bool)</code>

20.3 Indexierung

- Indexierung von 2D-Arrays

listings/v8_numpy3.py

```
arr[axis0, axis1]
```

- Beispiele:

listings/v8_numpy4.py

```
arr[0, 0] # Ausgabe: 1.0
arr[2, 0] # Ausgabe: 7.0
arr[0, 2] # Ausgabe: 3.0
```

		axis=1		
		0	1	2
axis=0	0	1.0	2.0	3.0
	1	4.0	5.0	6.0
	2	7.0	8.0	9.0

20.3.1 Slicing

arr	Ausdruck	Shape	Resultat									
<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	arr[:2, 1:]	(2,2)	array([[2, 3], [5, 6]])
1	2	3										
4	5	6										
7	8	9										
<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	arr[2]	(3,)	array([7, 8, 9])
1	2	3										
4	5	6										
7	8	9										
<table><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	4	5	6	7	8	9	arr[2, :]	(3,)	array([7, 8, 9])			
4	5	6										
7	8	9										
<table><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	7	8	9	arr[2:, :]	(1,3)	array([[7, 8, 9]])						
7	8	9										
<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	arr[:, :2]	(3,2)	array([[1, 2], [4, 5], [7, 8]])
1	2	3										
4	5	6										
7	8	9										
<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	arr[1, :2]	(2,)	array([4, 5])
1	2	3										
4	5	6										
7	8	9										
<table><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	4	5	6	7	8	9	arr[1:2, :2]	(1,2)	array([[4, 5]])			
4	5	6										
7	8	9										

→ ndim bleibt erhalten, falls bei jeder axis ein ":" steht.

- Ein Slice ist immer eine Referenz, keine Kopie!

listings/v8_numpy5.py

```
arr = np.arange(8)
print(arr) # Ausgabe: array([0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7])
s = arr[2:5] # array([2, 3, 4])
s[0] = 13 # modifiziert auch arr
print(arr) # Ausgabe: array([0, 1, 13, 3, 4, 5, 6, 7])
```

- Kopien werden mit .copy() erzeugt:

listings/v8_numpy6.py

```
s = arr[2:5].copy()
```

- Zuweisung eines Skalars zu einem Slice wird ausgebreitet:

listings/v8_numpy7.py

```
arr = np.array([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8])
```

```
arr[2:5] = 9
print(arr) # Ausgabe: array([1, 2, 9, 9, 9, 6, 7, 8])
```

- Bei fehlender Dimension wird das Array automatisch erweitert:

listings/v8_numpy8.py

```
arr1 = np.ones((3, 2)) # shape=(3, 2)
arr2 = np.array([1, 2]) # shape=(2,)
arr1 + arr2 # Ausgabe:
# array([[2., 3.],
#        [2., 3.],
#        [2., 3.]])
```

→ Bedingung: letzte Dimension ist gleich oder nur 1 lang.

20.4 Mathematische Funktionen

- NumPy beinhaltet viele mathematische Funktionen:
<https://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/routines.math.html>
 - np.sin()
 - np.cos()
 - np.exp()
 - np.cumsum()
 - ...
- Diese Funktionen operieren über das gesamte Array

listings/v8_numpy9.py

```
t = linspace(1, 3, 5)
np.log10(t) # Ausgabe: array([0., 0.17609, 0.30103, 0.39794, 0.47712])
np.cumsum(t) # Ausgabe: array([1., 2.5, 4.5, 7., 10.])
np.mean(t) # Ausgabe: 2.0
```

20.4.1 Lineare Algebra

- Liste der Funktionen:
<https://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/routines.linalg.html>
- Matrix definieren

listings/v8_numpy14.py

```
M = np.array([[1, 2], [3, 4]])
# array([[1, 2],
#        [3, 4]])
```

- Vektor definieren

listings/v8_numpy15.py

```
v = np.array([5, 6])
# array([5, 6])
```

- Matrix **M** mit Vektor **v** multiplizieren

listings/v8_numpy10.py

```
np.dot(M, v)
M.dot(v)
M @ v # Ausgabe: ab Python 3.5
```

- Matrix transponieren M^T

listings/v8_numpy11.py

```
np.transpose(M)
M.T
```

- Matrix invertieren M^{-1}

listings/v8_numpy12.py

```
np.linalg.inv(M)
```

- Shape eines Vektors ändern

listings/v8_numpy16.py

```
v2 = np.array([1, 2, 3, 4, 5, 6])
# array([1, 2, 3, 4, 5, 6])
v2.reshape((2, 3))
# array([[1, 2, 3],
#        [4, 5, 6]])
v2.reshape((6, 1))
# array([[1],
#        [2],
#        [3],
#        [4],
#        [5],
#        [6]])
v2.shape = (3, 2)
# array([[1, 2],
#        [3, 4],
#        [5, 6]])
```

20.4.2 Matplotlib

- Python-Bibliothek
import matplotlib.pyplot as plt
- Erstellen von publizierbaren Diagrammen und Darstellungen
- 100% kompatibel zu NumPy-Arrays
- MATLAB[®]-ähnliche Funktionen:
https://matplotlib.org/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.html
- Kann auch objekt-orientiert verwendet werden, z.B. in GUIs
- Grosse Beispiel-Sammlung:
<https://matplotlib.org/gallery/index.html>
- Einfaches Beispiel:

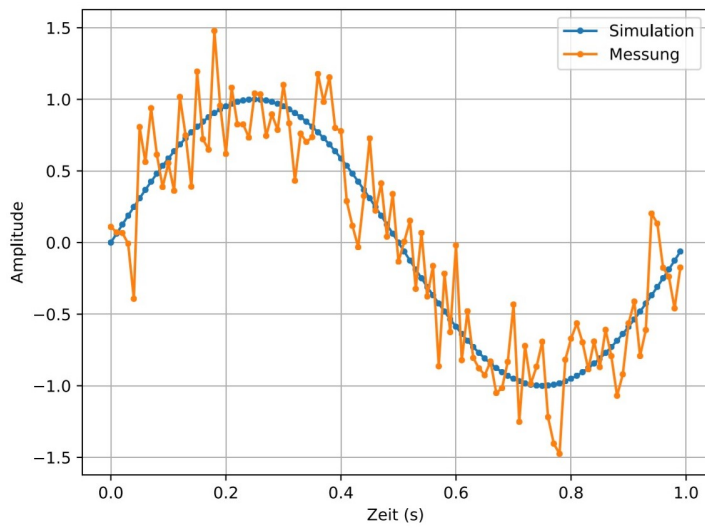
listings/v8_numpy13.py

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

t = np.arange(100)/100
s1 = np.sin(2*np.pi*t)
s2 = s1 + np.random.randn(*s1.shape)/4

plt.figure()
plt.plot(t, s1, '-.', label='Simulation')
plt.plot(t, s2, '-.', label='Messung')
plt.xlabel('Zeit (s)')
plt.ylabel('Amplitude')
```

```
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.savefig('diagramm.pdf')
```



Lektion 9: SciPy und Matplotlib

21 SciPy

- Python-Bibliothek


```
from scipy import integrate
from scipy import interpolate
from scipy import optimize
from scipy import signal
...

```
- Basiert auf NumPy
- Enthält numerische Algorithmen und mathematische Werkzeuge
- <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/>

21.1 SciPy.interpolate

- 1-dimensionale Interpolation
- Mehrdimensionale Interpolation
- Splines
- API-Referenz:

<https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/interpolate.html>

listings/v9_interpolate1.py

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.interpolate import interp1d
```

Stützwerte für x und y:

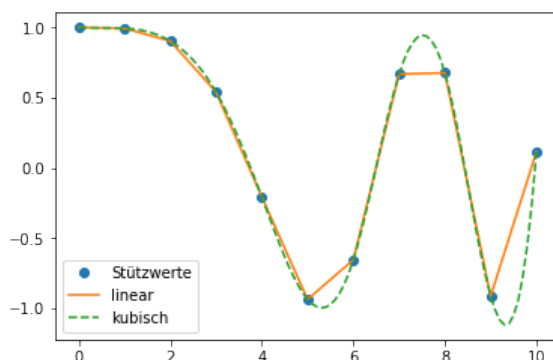
listings/v9_interpolate2.py

```
x = np.linspace(0, 10, num=11, endpoint=True)
y = np.cos(-x**2/9.0)
```

Interpolationsfunktionen erstellen:

listings/v9_interpolate3.py

```
f_lin = interp1d(x, y) # lineare Interpolation
f_cub = interp1d(x, y, kind='cubic') # kubische Interpolation
xnew = np.linspace(0, 10, num=101, endpoint=True)
plt.figure()
plt.plot(x, y, 'o', label='Stuetzwerte')
plt.plot(xnew, f_lin(xnew), '-', label='linear')
plt.plot(xnew, f_cub(xnew), '--', label='kubisch')
plt.legend()
plt.show()
```



21.2 SciPy.Integrate

- Integration von gegebenen Funktionen
- Integration von diskreten Samples
- Numerische Integratoren für Differentialgleichungen (ODE)
- API-Referenz:
<https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/integrate.html>

listings/v9_integrate1.py

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

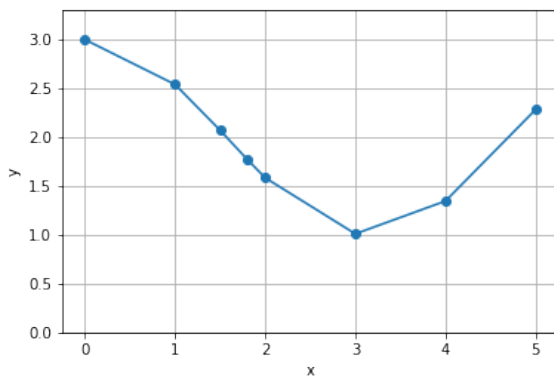
Diskrete Samples:

listings/v9_integrate2.py

```
from scipy.integrate import trapz

x = np.array([0, 1, 1.5, 1.8, 2, 3, 4, 5])
y = np.cos(x) + 2

plt.figure()
plt.plot(x, y, 'o-', label='Samples')
plt.ylim(0, 1.1*np.max(y))
plt.grid(True)
plt.xlabel('x')
plt.ylabel('y')
plt.show()
```



Integral (Fläche unter dem Graphen) berechnen:

listings/v9_integrate3.py

```
trapz(x=x, y=y) # Ausgabe: 9.125227959734184
```

Gegebene Funktion

listings/v9_integrate4.py

```
from scipy.integrate import quad

def func(x):
    return np.sin(x)**2

# Integration mit Gauss-Quadratur
y, abserr = quad(func, a=0, b=np.pi)
print('y_ =', y, '; _err=', abserr) # Ausgabe:
# y = 1.5707963267948966 ; err= 1.743934249004316e-14
# Analytische Loesung
print('y_ =', np.pi/2) # Ausgabe:
# y = 1.5707963267948966
```

22 Matplotlib

- Tipps und Tricks in Jupyter
- Figure mit Subplots erstellen
- `plt.contour()` und `plt.contourf()`
- `plt.loglog()`

22.1 Tipps für Jupyter-Notebook

Folgende Zeile einfügen, damit man nicht immer `plt.show()` aufrufen muss

listings/v9_matplotlib1.py

```
%matplotlib inline
```

Ein Semikolon am Zeilenende unterdrückt lästige Meldungen (`plt.plot(...);`)

22.2 Subplots

Einzelne Subplots nacheinander erstellen:

listings/v9_matplotlib2.py

```
plt.figure()
ax1 = plt.subplot(2, 1, 1)
ax1.plot(np.random.randn(10));
ax1.set_xlabel('X1')
ax1.set_ylabel('Y1')
ax2 = plt.subplot(2, 1, 2, sharex=ax1)
ax2.plot(np.random.randn(10));
ax2.set_xlabel('X2')
ax2.set_ylabel('Y2')
plt.tight_layout();
```

Alle Subplots von Anfang an erstellen:

listings/v9_matplotlib3.py

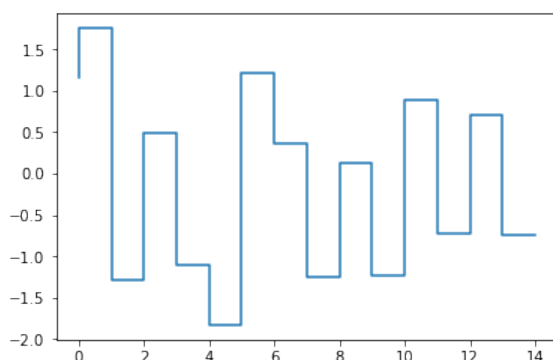
```
fig, (ax1, ax2) = plt.subplots(2, 1, sharex=True)
ax1.plot(np.random.randn(10));
ax2.plot(np.random.randn(10));
fig.tight_layout()
```

22.3 Pyplot-Funktionen

22.3.1 Treppensignal

listings/v9_matplotlib4.py

```
plt.figure()
plt.step(np.arange(15), np.random.randn(15));
```



22.3.2 `contourf()`

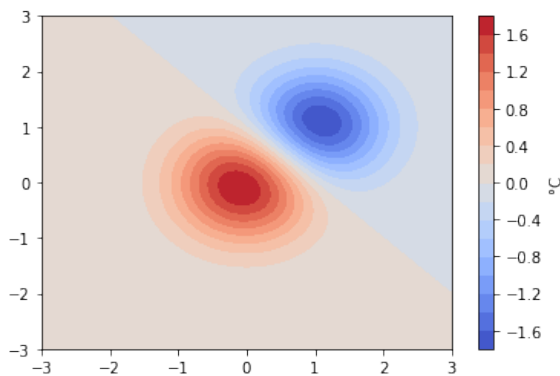
https://matplotlib.org/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.contourf.html

<https://matplotlib.org/tutorials/colors/colormaps.html>

listings/v9_matplotlib5.py

```
x = y = np.linspace(-3, 3, 100)
X, Y = np.meshgrid(x, y)
Z1 = np.exp(-X**2 - Y**2)
Z2 = np.exp(-(X - 1)**2 - (Y - 1)**2)
Z = (Z1 - Z2) * 2

fig, ax = plt.subplots()
CS = ax.contourf(X, Y, Z, 20, cmap=plt.cm.coolwarm);
cbar = fig.colorbar(CS);
cbar.ax.set_ylabel('C');
```



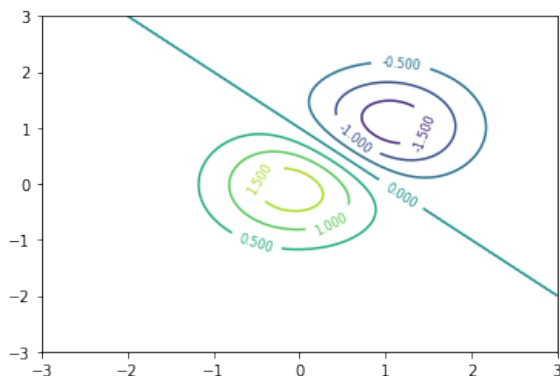
22.3.3 `contour()`

https://matplotlib.org/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.contour.html

listings/v9_matplotlib6.py

```
x = y = np.linspace(-3, 3, 100)
X, Y = np.meshgrid(x, y)
Z1 = np.exp(-X**2 - Y**2)
Z2 = np.exp(-(X - 1)**2 - (Y - 1)**2)
Z = (Z1 - Z2) * 2

fig, ax = plt.subplots()
CS = ax.contour(X, Y, Z);
ax.clabel(CS, inline=1, fontsize=8);
```



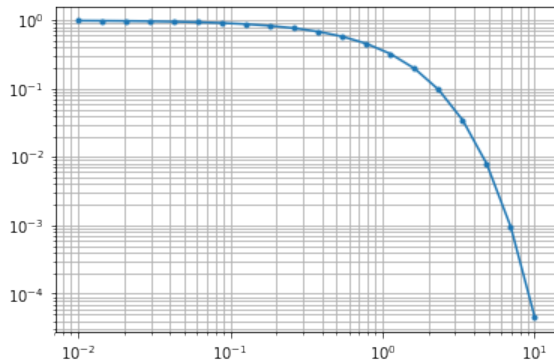
22.3.4 `loglog()`

https://matplotlib.org/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.loglog.html

listings/v9_matplotlib7.py

```
x = np.logspace(-2, 1, 20)
s = np.exp(-x)

fig, ax = plt.subplots()
ax.loglog(x, s, '-');
ax.grid(which='both');
```



22.3.5 XKCD

<https://xkcd.com/>
https://matplotlib.org/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.xkcd.html
<https://packages.debian.org/buster/fonts-humor-sans>
<https://github.com/shreyankg/xkcd-desktop/blob/master/Humor-Sans.ttf>

listings/v9_matplotlib8.py

```
with plt.xkcd():
    plt.figure()
    plt.plot(np.random.randn(10))
    plt.xlabel('Zeit (s)')
    plt.ylabel('Amplitude (V)')
```

