

Informatik I

11. Dictionaries & Mengen

Bernhard Nebel

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

19. November 2013

Dictionaries

- Dictionaries (Wörterbücher) oder kurz *Dicts* sind assoziative Arrays.
- Dictionaries speichern Paare von *Schlüsseln (keys)* und zugehörigen *Werten (values)* und sind so implementiert, dass man sehr effizient den Wert zu einem gegebenen Schlüssel bestimmen kann.
- Im Gegensatz zu Sequenzen sind Dictionaries *ungeordnete* Container; es ist nicht sinnvoll, von einem ersten (zweiten, usw.) Element zu sprechen.

Dictionaries: Ein Beispiel

Python-Interpreter

```
>>> description = {"parrot": "dead", "spam":  
"tasty",  
...                (1, 2, 3): "no witchcraft"}  
>>> description["parrot"]  
'dead'  
>>> "spam" in description  
True  
>>> description["parrot"] = "pining for the fjords"  
>>> description["slides"] = "unfinished"  
>>> description  
{'slides': 'unfinished', (1, 2, 3): 'no  
witchcraft',  
'parrot': 'pining for the fjords', 'spam':  
'tasty'}
```

Informatik I

Bernhard
Nebel

Dictionaries

Mengen

Dictionaries können auf verschiedene Weisen erzeugt werden:

- `{key1: value1, key2: value2, ...}`:
Hier sind `key1`, `value1` usw. normale Python-Objekte, z.B. Strings, Zahlen oder Tupel.
- `dict(key1=value1, key2=value2, ...)`:
Hier sind die Schlüssel `key1` usw. **Variablennamen**, die vom `dict`-Konstruktor in Strings konvertiert werden.
Die Werte `value1` usw. sind normale Objekte.
- `dict(sequence_of_pairs)`:
`dict([(key1, value1), (key2, value2), ...])`
entspricht `{key1: value1, key2: value2, ...}`.
- `dict.fromkeys(seq, value)`:
Ist `seq` eine Sequenz mit Elementen `key1`, `key2`, ..., erhalten wir `{key1: value, key2: value, ...}`.
Wird `value` (und das Komma) weggelassen, wird `None` verwendet.

- Manche Funktionen auf Dicts (oder auch anderen Python-Typen und -Objekten) werden mit Hilfe der Punkt-Notation angegeben: `dict.fromkeys(seq, value)`.
 - Bei einem Typen (wie `dict`) wird dann ein entsprechendes Objekt erzeugt.
 - Handelt es sich um ein Objekt, wird eine Operation auf dem Objekt durchgeführt
 - Man nennt diese mit einem Punkt angehängten Funktionen **Methoden**.
- **Objekt-basierte** Notation (führt zu OOP)

Dictionaries erzeugen: Beispiele

Python-Interpreter

```
>>> {"parrot": "dead", "spam": "tasty", 10:
"zehn"}
{10: 'zehn', 'parrot': 'dead', 'spam': 'tasty'}
>>> dict(six=6, nine=9, six_times_nine=42)
{'six_times_nine': 42, 'nine': 9, 'six': 6}
>>> english = ["red", "blue", "green"]
>>> german = ["rot", "blau", "grün"]
>>> dict(zip(english, german))
{'red': 'rot', 'green': 'grün', 'blue': 'blau'}
>>> dict.fromkeys("abc")
{'a': None, 'c': None, 'b': None}
>>> dict.fromkeys(range(3), "eine Zahl")
{0: 'eine Zahl', 1: 'eine Zahl', 2: 'eine Zahl'}
```

Sei `d` ein Dict:

- `key in d`:
True, falls das Dictionary `d` den Schlüssel `key` enthält.
- `bool(d)` (bzw. einfach `d`):
True, falls das Dictionary nicht leer ist.
- `len(d)`:
Liefert die Zahl der Elemente (Paare) in `d`.
- `d.copy()`:
Liefert eine (flache) Kopie von `d` (tiefe Kopie kommt gleich)

- `d[key]`:
Liefert den Wert zum Schlüssel `key`.
Fehler bei nicht vorhandenen Schlüsseln.
- `d.get(key, default)` (oder `d.get(key)`):
Wie `d[key]`, aber es ist kein Fehler, wenn `key` nicht vorhanden ist. Stattdessen wird in diesem Fall `default` zurückgeliefert (`None`, wenn kein Default angegeben wurde).

get: Beispiel

food_inventory.py

```
def get_food_amount(food):
    food_amounts = {"spam": 2, "egg": 1, "cheese": 4}
    return food_amounts.get(food, 0)

for food in ["egg", "vinegar", "cheese"]:
    amount = get_food_amount(food)
    print("We have enough", food, "for", amount, "people.")

# Ausgabe:
# We have enough egg for 1 people.
# We have enough vinegar for 0 people.
# We have enough cheese for 4 people.
```

- `d[key] = value`:
Weist dem Schlüssel `key` einen Wert zu. Befindet sich bereits ein Paar mit Schlüssel `key` in `d`, wird es ersetzt.
- `d.setdefault(key, default)` (oder `d.setdefault(key)`):
Vom Rückgabewert äquivalent zu `d.get(key, default)`. Falls das Dictionary den Schlüssel noch nicht enthält, wird zusätzlich `d[key] = default` ausgeführt.

Exkurs: Flaches und tiefes Kopieren (1)

- Wie schon bei Listen, erzeugt eine Zuweisung **keine Kopie**, sondern beide Variablen zeigen auf die **selbe** Struktur!

Python-Interpreter

```
>>> en_de={'red': 'rot', 'green': 'grün', 'blue':  
'blau'}  
>>> en_sw = en_de  
>>> en_sw['green'] = 'grää'  
>>> en_de['green']  
'grää'  
>>> en_de={'red': 'rot', 'green': 'grün', 'blue':  
'blau'}  
>>> en_sw = en_de.copy()  
>>> en_sw['green'] = 'grää'  
>>> en_de['green']  
'grün'
```

Exkurs: Flaches und tiefes Kopieren (2)

- Enthaltene Strukturen werden beim **flachen Kopieren** nicht kopiert!

Python-Interpreter

```
>>> snums={'even': [2, 4, 6], 'odd': [1, 3, 5]}
>>> sprimes = snums.copy()
>>> del(sprimes['even'][1:]);
del(sprimes['odd'][0])
>>> snums
{'even': [2], 'odd': [3, 5]}
>>> import copy
>>> snums={'even': [2, 4, 6], 'odd': [1, 3, 5]}
>>> sprimes = copy.deepcopy(snums)
>>> del(sprimes['even'][1:]); del(sprimes['odd'][0])
>>> snums
{'even': [2, 4, 6], 'odd': [1, 3, 5]}
```

- Ebenso wie Listen kann man auch Dicts rekursiv einbetten.

Python-Interpreter

```
>>> en_de={'red': 'rot', 'green': 'grün', 'blue':  
'blau'}  
>>> de_fr={'rot': 'rouge', 'grün': 'vert',  
'blau': 'bleu'}  
>>> dicts = {'en->de': en_de, 'de->fr': de_fr}  
>>> dicts['de->fr']['blau']  
'bleu'  
>>> dicts['de->fr'][dicts['en->de']['blue']]  
'bleu'
```

Operationen auf Dictionaries: Werte eintragen mit `update`

- `d.update(another_dict)`:
Führt `d[key] = value` für alle `(key, value)`-Paare in `another_dict` aus.
Überträgt also alle Einträge aus `another_dict` nach `d` und überschreibt bestehende Einträge mit dem gleichen Schlüssel.
- `d.update(sequence_of_pairs)`:
Entspricht `d.update(dict(sequence_of_pairs))`.
- `d.update(key1=value1, key2=value2, ...)`:
Entspricht `d.update(dict(key1=value1, key2=value2, ...))`.

Operationen auf Dictionaries: Einträge entfernen

- `del d[key]`:
Entfernt das Paar mit dem Schlüssel `key` aus `d`. Fehler, falls kein solches Paar existiert.
- `d.pop(key, default)` (oder `d.pop(key)`):
Entfernt das Paar mit dem Schlüssel `key` aus `d` und liefert den zugehörigen Wert. Existiert kein solches Paar, wird `default` zurückgeliefert, falls angegeben (sonst Fehler).
- `d.popitem()`:
Entfernt ein (willkürliches) Paar (`key`, `value`) aus `d` und liefert es zurück. Fehler, falls `d` leer ist.
- `d.clear()`:
Entfernt alle Elemente aus `d`.
 - Was ist der Unterschied zwischen `d.clear()` und `d = {}`?

Operationen auf Dictionaries: Iteration

Die folgenden Methoden liefern iterierbare **views** zurück, die Änderungen an dem zugrundeliegenden `dict` reflektieren.

- `d.keys()`:
Liefert alle Schlüssel in `d` zurück.
- `d.values()`:
Liefert alle Werte in `d` zurück.
- `d.items()`:
Liefert alle Einträge, d.h. `(key, value)`-Paare in `d` zurück.
- Dictionaries können auch in `for`-Schleifen verwendet werden.
Dabei wird meist die Methode `keys` benutzt, `for`-Schleifen über Dictionaries durchlaufen also die *Schlüssel*.

Wie funktionieren Dictionaries?

Dictionaries sind als **Hashtabellen** implementiert:

- Es wird initial eine große Liste/Tabelle (die Hashtabelle) eingerichtet.
- Jeder Schlüssel wird mit Hilfe einer Hashfunktion in einen Index (dem **Hashwert**) übersetzt.
- Bei gleichen Hashwerten für verschiedene Schlüssel gibt es eine Spezialbehandlung.
- Der Zugriff erfolgt damit in (erwarteter) **konstanter Zeit**.
- Dictionaries haben keine spezielle Ordnung für die Elemente.
Daher liefert `keys` die Schlüssel nicht unbedingt in der Einfügereihenfolge.
- Objekte, die als Schlüssel in einem Dictionary verwendet werden, dürfen nicht verändert werden. Ansonsten könnte es zu Problemen kommen.

Veränderliche Dictionary-Keys (1)

potential_trouble.py

```
mydict = {}  
mylist = [10, 20, 30]  
mydict[mylist] = "spam"  
del mylist[1]  
print(mydict.get([10, 20, 30]))  
print(mydict.get([10, 30]))  
  
# Was kann passieren?  
# Was sollte passieren?
```

Informatik I

Bernhard
Nebel

Dictionaries

Mengen

Veränderliche Dictionary-Keys (2)

- Um solche Problem zu vermeiden, sind in Python nur *unveränderliche* Objekte wie Tupel, Strings und Zahlen als Dictionary-Schlüssel erlaubt.
 - Genauer: Selbst Tupel sind verboten, wenn sie direkt oder indirekt veränderliche Objekte beinhalten.
- Verboten sind also Listen und Dictionaries oder Objekte, die Listen oder Dictionaries beinhalten.
- Für die *Werte* sind beliebige Objekte zulässig; die Einschränkung gilt nur für Schlüssel!

Veränderliche Dictionary-Keys (3)

Informatik I

Bernhard
Nebel

Dictionaries

Mengen

Python-Interpreter

```
>>> mydict = {"spam", "egg": [1, 2, 3]}
```

```
>>> mydict[[10, 20]] = "spam"
```

```
Traceback (most recent call last):
```

```
  File "<stdin>", line 1, in <module>
```

```
TypeError: unhashable type: 'list'
```

```
>>> mydict[("spam", [], "egg")] = 1
```

```
Traceback (most recent call last):
```

```
  File "<stdin>", line 1, in <module>
```

```
TypeError: unhashable type: 'list'
```

Mengen

- Mengen sind Zusammenfassungen von Elementen (in unserem Fall immer endlich),
- Mengenelemente sind einzigartig; eine Menge kann also nicht dasselbe Element ‚mehrmals‘ beinhalten.
- Man könnte Mengen durch Listen implementieren (müsste dann immer die Liste durchsuchen)
- Man könnte Mengen durch Dicts implementieren, wobei die Elemente durch Schlüssel realisiert würden und der Wert immer None ist (konstante Zugriffszeit).
- Es gibt allerdings eigene Datentypen für Mengen in Python (auch mit Hilfe von Hashtabellen realisiert), die alle **Mengenoperation** unterstützen.

Mengen: set und frozenset

- Mengenelemente müssen *hashbar* sein (wie bei Dictionaries).
- set vs. frozenset:
 - frozensets sind unveränderlich \rightsquigarrow hashbar,
 - sets sind veränderlich
 - Insbesondere können frozensets also auch als Elemente von sets und frozensets verwendet werden.

Wir teilen die Operationen auf Mengen in Gruppen ein:

- Konstruktion
- Grundlegende Operationen
- Einfügen und Entfernen von Elementen
- Mengenvergleiche
- Klassische Mengenoperationen

Konstruktion von Mengen

- `{elem1, ..., elemN}`: Erzeugt die veränderliche Menge `{elem1, ..., elemN}`.
- `set()`: Erzeugt eine veränderliche leere Menge.
- `set(iterable)`: Erzeugt eine veränderliche Menge aus Elementen von `iterable`.
- `frozenset()`: Erzeugt eine unveränderliche leere Menge.
- `frozenset(iterable)`: Erzeugt eine unveränderliche Menge aus Elementen von `iterable`.
- `set` und `frozenset` können aus beliebigen iterierbaren Objekten `iterable` erstellt werden, also solchen, die `for` unterstützen (z.B. `str`, `list`, `dict`, `set`, `frozenset`.)
- Jedoch dürfen innerhalb von `iterable` nur *hashbare* Objekte (z.B. keine Listen!) enthalten sein (sonst `TypeError`).

Konstruktion von Mengen: Beispiele (1)

Python-Interpreter

```
>>> set("spamspam")
{'a', 'p', 's', 'm'}
>>> frozenset("spamspam")
frozenset({'a', 'p', 's', 'm'})
>>> set(["spam", 1, [2, 3]])
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: unhashable type: 'list'
>>> set(("spam", 1, (2, 3)))
{1, (2, 3), 'spam'}
>>> set({"spam": 20, "jam": 30})
{'jam', 'spam'}
```

Informatik I

Bernhard
Nebel

Dictionaries

Mengen

Konstruktion von Mengen: Beispiele (2)

Informatik I

Bernhard
Nebel

Dictionaries

Mengen

Python-Interpreter

```
>>> s = set(["jam", "spam"])
```

```
>>> set([1, 2, 3, s])
```

```
Traceback (most recent call last):
```

```
  File "<stdin>", line 1, in <module>
```

```
TypeError: unhashable type: 'set'
```

```
>>> set([1, 2, 3, frozenset(s)])
```

```
{1, 2, 3, frozenset({'jam', 'spam'})}
```

- `element in s`, `element not in s`:
Test auf Mitgliedschaft bzw. Nicht-Mitgliedschaft (liefert `True` oder `False`).
- `bool(s)`:
`True`, falls die Menge `s` nicht leer ist.
- `len(s)`:
Liefert die Zahl der Elemente der Menge `s`.
- `for element in s`:
Über Mengen kann natürlich iteriert werden.
- `s.copy()`:
Liefert eine (flache) Kopie der Menge `s`.

Mengen: Einfügen und Entfernen von Elementen

- `s.add(element)`:
Fügt das Objekt `element` zur Menge `s` hinzu, falls es noch nicht Element der Menge ist.
- `s.remove(element)`:
Entfernt `element` aus der Menge `s`, falls es dort enthalten ist.
Sonst: `KeyError`.
- `s.discard(element)`:
Wie `remove`, aber kein Fehler, wenn `element` nicht in der Menge enthalten ist.
- `s.pop()`:
Entfernt ein willkürliches Element aus `s` und liefert es zurück.
- `s.clear()`:
Entfernt alle Elemente aus der Menge `s`.

Viele Operationen auf Mengen sind sowohl als benannte Methoden als auch über Operatoren verfügbar. Beispiel:

- Operator: `s &= t`.
- Benannte Methode: `s.intersection_update(t)`
- Im Falle der Methoden wird das Argument in eine Menge konvertiert, wenn das Argument *iterierbar* ist.

- `s.issubset(t)`, `s <= t`:
Testet, ob alle Elemente von s in t enthalten sind ($s \subseteq t$)
- `s < t`:
Wie `s <= t`, aber echter Teilmengentest ($s \subset t$).
- `s.issuperset(t)`, `s >= t`, `s > t`:
Analog für Obermengentests bzw. echte Obermengentests.
- `s == t`:
Gleichheitstest. Wie `s <= t` and `t <= s`, aber effizienter.
 - Anders als bei den anderen Operatoren ist es *kein* Typfehler, wenn nur eines der Argumente eine Menge ist.
 - In diesem Fall ist `s == t` immer `False`.
 - Ein set kann gleich einem frozenset sein.
- `s != t`:
Äquivalent zu `not (s == t)`. Anmerkungen gelten analog.

Klassische Mengenoperationen

- `s.union(t)`, $s \cup t$
`s.intersection(t)`, $s \cap t$
`s.difference(t)`, $s - t$
`s.symmetric_difference(t)`, $s \Delta t$
Liefert Vereinigung ($s \cup t$), Schnitt ($s \cap t$),
Mengendifferenz ($s \setminus t$) bzw. symmetrische
Mengendifferenz ($s \Delta t$) von s und t .
Das Resultat hat denselben Typ wie s .
- `s.update(t)`, $s \mid= t$
`s.intersection_update(t)`, $s \&= t$
`s.difference_update(t)`, $s -= t$
`s.symmetric_difference_update(t)`, $s \hat{=} t$
In-Situ-Varianten der Mengenoperationen.
(Ändern also s , statt eine neue Menge zu liefern.)

Klassische Mengenoperationen: Beispiele (1)

Python-Interpreter

```
>>> s1 = frozenset([1, 2, 3])
>>> s2 = set([3, 4, 5])
>>> s1 | s2
frozenset([1, 2, 3, 4, 5])
>>> s2 | s1
{1, 2, 3, 4, 5}
>>> s1 | [3, 4, 5]
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: unsupported operand type(s) for |:
'frozenset' and 'list'
>>> s1.union([3, 4, 5])
frozenset({1, 2, 3, 4, 5})
```

Informatik I

Bernhard
Nebel

Dictionaries

Mengen

Klassische Mengenoperationen: Beispiele (2)

Informatik I

Bernhard
Nebel

Dictionaries

Mengen

Python-Interpreter

```
>>> s1 = {1, 2, 3, 4, 5}
>>> s2 = {3, 4}
>>> s2.update({4, 5, 6, 7})
>>> s2
{3, 4, 5, 6, 7}
>>> s1 - s2
{1, 2}
>>> s1.symmetric_difference(s2)
{1, 2, 6, 7}
```