

Informatik I: Einführung in die Programmierung

13. Dictionaries und Mengen

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Prof. Dr. Peter Thiemann

14.12.2021

1 Dictionaries



- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte Dicts
- Views
- Dicts als Hashtabellen
- Veränderliche Dict-Keys?

Dictionaries

Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dicts
Views
Dicts als
Hashtabellen
Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

- Ein **Dictionary** (Wörterbuch), kurz *Dict*, ist eine Abbildung von **Schlüsseln** (*keys*) auf zugehörige **Werte** (*values*).
- Alternative Bezeichnung: *assoziatives Array*
- Grundoperationen auf Dictionaries (mutable):
 - Einfügen einer Assoziation (Schlüssel \mapsto Wert), evtl. vorhandene Assoziation mit Schlüssel wird überschrieben
 - Entfernen einer Assoziation (Schlüssel),
 - Nachschlagen des Werts zu einem Schlüssel,
 - Anwesenheit eines Schlüssels
- Voraussetzungen
 - Schlüssel müssen auf Gleichheit getestet werden können!
 - Schlüssel müssen unveränderlich (immutable) sein!

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte Dicts
- Views
- Dicts als Hashtabellen
- Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

- Dictionaries sind so implementiert, dass der Wert zu einem gegebenen Schlüssel sehr **effizient** unabhängig von der Anzahl der bestehenden Einträge bestimmt werden kann.
- Dictionaries sind **ungeordnet**; d.h., es ist nicht sinnvoll, von einem ersten (zweiten, usw.) Element zu sprechen.
- (Ein aktuelles Thema: **key-value stores**; das sind netzweit verteilte Dictionaries.)

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte
- Dicts
- Views
- Dicts als
- Hashtabellen
- Veränderliche
- Dict-Keys?

Mengen

Python-Interpreter

```
>>> description = {"walk": "silly", "parrot": "dead",  
...                (1, 2, 3): "no witchcraft"}  
>>> description["parrot"]  
'dead'  
>>> "walk" 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', 'walk': 'silly'}
```

Dictionaries

Beispiele

- Operationen
- Geschachtelte
Dicts
- Views
- Dicts als
Hashtabellen
- Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

- `{key1: value1, key2: value2, ...}`
Hier sind `key1`, `key2`, ... **unveränderliche Python-Objekte**, d.h. Zahlen, Strings, Tupel, etc.
- `dict(key1=value1, key2=value2, ...)`:
Hier sind die Schlüssel `key1`, `key2`, ... **Variablennamen**, die vom `dict`-Konstruktor in Strings konvertiert werden.
- `dict(sop)` wobei `sop: Sequence[tuple[Any, Any]]`:
`dict([(key1, value1), (key2, value2), ...])`
entspricht `{key1: value1, key2: value2, ...}`.

Die Werte `value1`, `value2` usw. sind beliebige Objekte.

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'}
```

Dictionaries

Beispiele

- Operationen
- Geschachtelte
- Dicts
- Views
- Dicts als
- Hashtabellen
- Veränderliche
- Dict-Keys?

Mengen

Sei `d`: dict

- `key in d`:
True, falls das Dictionary `d` den Schlüssel `key` enthält.
- `bool(d)`:
True, falls das Dictionary nicht leer ist.
- `len(d)`:
Liefert die Zahl der Elemente (Assoziationen) in `d`.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dicts

Views

Dicts als

Hashtabellen

Veränderliche

Dict-Keys?

Mengen

- `d[key]`:
Liefert den Wert zum Schlüssel `key`.
Fehler bei nicht vorhandenen Schlüsseln.
- `d.get(key, value)`:
Wie `d[key]`, aber es ist kein Fehler, wenn `key` nicht vorhanden ist.
Stattdessen wird in diesem Fall das optionale zweite Argument zurückgegeben (`None`, wenn es weggelassen wurde).

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dicts

Views

Dicts als

Hashtabellen

Veränderliche

Dict-Keys?

Mengen

food_inventory.py

```
def get_food_amount(food : str):  
    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.
```

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen**
- Geschachtelte
- Dicts
- Views
- Dicts als
- Hashtabellen
- Veränderliche
- Dict-Keys?

Mengen

- `d[key] = value`

Weist dem Schlüssel *key* einen Wert zu. Befindet sich bereits eine Assoziation mit Schlüssel *key* in *d*, wird sie ersetzt.

- `d.setdefault(key, default= None)`

Vom Rückgabewert äquivalent zu `d.get(key, default)`.

Falls *d* den Schlüssel noch nicht enthält, wird `d[key] = default` ausgeführt.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dicts

Views

Dicts als

Hashtabellen

Veränderliche

Dict-Keys?

Mengen

- Auch Dicts können selbst Dicts enthalten.

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'
```

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte Dicts**
- Views
- Dicts als Hashtabellen
- Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

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)`-Assoziationen in `d` zurück.

- Dictionaries können auch in `for`-Schleifen verwendet werden. Dabei wird die Methode `keys` benutzt. `for`-Schleifen über Dictionaries durchlaufen also die *Schlüssel*.

Dictionaries

Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dicts
Views
Dicts als
Hashtabellen
Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Wie funktionieren Dictionaries?



Dictionaries sind als **Hashtabellen** implementiert:

- Bei der Erzeugung eines Dictionaries wird eine große Tabelle (die **Hashtabelle**) eingerichtet.
- Jedem Schlüssel wird mit Hilfe einer **Hashfunktion** ein **Hashwert** zugeordnet, der als Tabellenindex dient.
- Der zum Schlüssel gehörige Wert wird an dieser Stelle in der Tabelle abgelegt, es sei denn...
- an diesem Index ist bereits ein Eintrag für einen anderen Schlüssel vorhanden: eine Hashfunktion kann unterschiedlichen Schlüsseln den gleichen Hashwert zuordnen (**Kollision**).
- Bei gleichen Hashwerten für verschiedene Schlüssel gibt es eine Spezialbehandlung (z.B. Ablegen des Werts in der nächsten freien Zelle).
- Der Zugriff erfolgt trotzdem in (erwarteter) **konstanter Zeit**.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dicts

Views

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Eine Hashtabelle bei der Arbeit

Eingabe: ('parrot', 'dead')

hash('parrot')=4

Ausgabe: 'dead'

Hashtabelle

Index	Key	Value
0	'spam'	'tasty'
1		
2		
3		
4	'parrot'	'dead'
5	'zehn'	10
6		

Dictionaries

Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dicts
Views

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

- Schlüssel müssen hash-bar sein und auf Gleichheit getestet werden können.
- Objekte, die als Schlüssel in einem Dictionary verwendet werden, dürfen **nicht verändert** werden. Sonst ändert sich der Hashwert und das Objekt wird nicht mehr gefunden.

Dictionaries

Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dicts
Views
Dicts als
Hashtabellen
Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

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?
```

Illegal!

mydict[mylist] liefert schon eine Fehlermeldung!

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte
- Dicts
- Views
- Dicts als
- Hashtabellen
- Veränderliche
- Dict-Keys?

Mengen

- Um solche Problem zu vermeiden, sollten in Python nur *unveränderliche* Objekte, die aus Tupeln, Strings und Zahlen konstruiert sind, als Dictionary-Schlüssel verwendet werden.
- Verboten sind also Listen und Dictionaries sowie Objekte, die Listen oder Dictionaries beinhalten bzw deren Attribute veränderlich sind.
- Selbstdefinierte Klassen, deren Instanzen als Dictionary-Schlüssel verwendet werden, sollten als `frozen` definiert werden, sodass die Attribute nach der Initialisierung nicht verändert werden können:

```
@dataclass(frozen=True)
```

- Für die *Werte* sind beliebige Objekte zulässig; die Einschränkung gilt nur für Schlüssel!

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dicts

Views

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Veränderliche Dictionary-Keys (3)



Python-Interpreter

```
>>> mydict = {"silly", "walk"): [1, 2, 3]}
>>> mydict[[10, 20]] = "spam"
Traceback (most recent call last): ...
TypeError: unhashable type: 'list'
>>> mydict[("silly", [], "walk")] = 1
Traceback (most recent call last): ...
TypeError: unhashable type: 'list'
```

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte
- Dicts
- Views
- Dicts als
- Hashtabellen
- Veränderliche
- Dict-Keys?

Mengen

Veränderliche Dictionary-Keys (4)



```
@dataclass(frozen=True)
class Time():
    hours: int
    minutes: int

morning = Time(6, 30)
noon    = Time(12, 00)

d[morning] = "breakfast"
d[noon]    = "lunch"
```

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte
- Dicts
- Views
- Dicts als
- Hashtabellen
- Veränderliche**
- Dict-Keys?**

Mengen

- Eine Funktion kann Keyword Parameter der Form `par=wert` akzeptieren.
- Falls der **letzte formale Parameter** der Funktion die Form `**kwargs` hat, so akzeptiert die Funktion beliebige Keyword Parameter.
- Im Funktionsrumpf kann `kwargs` wie ein Dictionary verwendet werden.

Python-Interpreter

```
>>> def echo(**kwargs):  
...     for k,v in kwargs.items():  
...         print(str(k) + " = " + str(v))  
...  
>>> echo(a=42, b='foo')  
a = 42  
b = foo
```

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte
Dicts
- Views
- Dicts als
Hashtabellen
- Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

- Set und Frozenset
- Operationen
- Konstruktion
- Grundlegende Operationen
- Einfügen und Entfernen
- Zusammenfassung

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und

Entfernen

Zusammenfassung

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Eine Menge enthält (endlich viele) Elemente. Die Reihenfolge der Elemente spielt keine Rolle.
- Grundoperationen auf dem Datentyp Menge:
 - Einfügen eines Elements,
 - Entfernen eines Elements,
 - Test ob Element enthalten ist.
- Voraussetzungen
 - Elemente müssen hash-bar sein!
 - Elemente müssen auf Gleichheit getestet werden können!
 - Elemente sollten unveränderlich (immutable) sein!
- Einfügen und Entfernen sind **idempotent**; eine Menge kann also nicht dasselbe Element ‚mehrmals‘ enthalten (\Rightarrow Multimenge).



- Mengen können durch Listen implementiert werden. Dann ist die mittlere Zeit ein Element zu finden, *linear* in der Größe der Menge.
- Mengen können durch Binärbäume implementiert werden. Dann ist die mittlere Zeit ein Element zu finden *logarithmisch* in der Größe der Menge und wir brauchen eine Ordnung auf den Elementen.
- Mengen können durch Dicts implementiert werden, wobei die Elemente die Schlüssel sind und der Wert immer `None` ist (konstante Zugriffszeit).
- Es gibt spezielle Datentypen für Mengen in Python, die alle **Mengenoperationen** unterstützen.
- Sie sind ebenfalls mit Hilfe von Hashtabellen realisiert.

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und

Entfernen

Zusammenfassung

- Voraussetzung: Mengenelemente müssen *hashbar* sein (wie die Schlüssel bei Dictionaries).
- Es gibt veränderliche Mengen (*set*) und unveränderliche Mengen (*frozenset*):
 - *frozensets* sind unveränderlich \rightsquigarrow *hashbar*,
 - Insbesondere können *frozensets* auch als Elemente von *sets* und *frozensets* sowie als Schlüssel von Dictionaries verwendet werden.

Wir teilen die Operationen auf Mengen in Gruppen ein:

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

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und

Entfernen

Zusammenfassung

- `{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`.
- Das `iterable` darf nur *hashbare* Objekte (z.B. keine Listen!) enthalten.

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und

Entfernen

Zusammenfassung

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): ...
TypeError: unhashable type: 'list'
>>> set(("spam", 1, (2, 3)))
{1, (2, 3), 'spam'}
>>> set({"spam": 20, "jam": 30})
{'jam', 'spam'}
```

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und

Entfernen

Zusammenfassung

Konstruktion von Mengen: Beispiele (2)



Python-Interpreter

```
>>> s = set(["jam", "spam"])
>>> set([1, 2, 3, s])
Traceback (most recent call last): ...
TypeError: unhashable type: 'set'
>>> set([1, 2, 3, frozenset(s)])
{1, 2, 3, frozenset({'jam', 'spam'})}
```

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und

Entfernen

Zusammenfassung

- `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:`
Iteration über Mengen.
- `s.copy()`
Liefert eine (flache) Kopie der Menge `s`.

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende
Operationen

Einfügen und
Entfernen

Zusammenfassung

- `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`.

- `union`, `intersection`, `difference`, `symmetric_difference`
- `<=`, `<` (Test auf Teilmenge)
- `==`, `!=` (Test auf Mengengleichheit)

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und

Entfernen

Zusammenfassung

- `dicts` sind Abbildungen von Schlüsseln auf Werte.
- Der Zugriff auf Elemente von `dicts` erfolgt (fast) in konstanter Zeit
- `dicts` sind veränderlich.
- Die Typen `set` und `frozenset` implementieren Mengen mit allen erwarteten Operationen.
- `sets` sind veränderliche Strukturen, `frozensets` sind nicht veränderlich.

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und

Entfernen

Zusammenfassung