

Informatik I: Einführung in die Programmierung

14. Dictionaries und Mengen

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



UNI
FREIBURG

Prof. Dr. Peter Thiemann

16.12.2025



Dictionaries

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries



- Ein **Dictionary** (Wörterbuch), kurz *Dict*, ist eine Abbildung von **Schlüsseln** (keys) auf zugehörige **Werte** (values).

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries

- Ein **Dictionary** (Wörterbuch), kurz *Dict*, ist eine Abbildung von *Schlüsseln* (keys) auf zugehörige *Werte* (values).
- Alternative Bezeichnung: *assoziatives Array*

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschatzte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries



- Ein **Dictionary** (Wörterbuch), kurz *Dict*, ist eine Abbildung von *Schlüsseln* (keys) auf zugehörige *Werte* (values).
- Alternative Bezeichnung: *assoziatives Array*
- Veränderliche (mutable) Datenstruktur

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries



- Ein **Dictionary** (Wörterbuch), kurz *Dict*, ist eine Abbildung von *Schlüsseln* (keys) auf zugehörige *Werte* (values).
- Alternative Bezeichnung: *assoziatives Array*
- **Veränderliche (mutable) Datenstruktur**
- Grundoperationen auf Dictionaries

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschatztheit

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST APIs

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries

- Ein **Dictionary** (Wörterbuch), kurz *Dict*, ist eine Abbildung von **Schlüsseln** (keys) auf zugehörige **Werte** (values).
- Alternative Bezeichnung: **assoziatives Array**
- **Veränderliche (mutable) Datenstruktur**
- Grundoperationen auf Dictionaries
 - Einfügen einer Assoziation (Schlüssel \mapsto Wert)
(evtl. vorhandene Assoziation mit Schlüssel wird überschrieben),

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschatzte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST APIs

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries



UNI
FREIBURG

- Ein **Dictionary** (Wörterbuch), kurz *Dict*, ist eine Abbildung von **Schlüsseln** (keys) auf zugehörige **Werte** (values).
- Alternative Bezeichnung: **assoziatives Array**
- **Veränderliche (mutable) Datenstruktur**
- Grundoperationen auf Dictionaries
 - Einfügen einer Assoziation (Schlüssel \mapsto Wert)
(evtl. vorhandene Assoziation mit Schlüssel wird überschrieben),
 - Entfernen einer Assoziation (Schlüssel),

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST APIs

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries



- Ein **Dictionary** (Wörterbuch), kurz *Dict*, ist eine Abbildung von **Schlüsseln** (keys) auf zugehörige **Werte** (values).
- Alternative Bezeichnung: **assoziatives Array**
- **Veränderliche (mutable) Datenstruktur**
- Grundoperationen auf Dictionaries
 - Einfügen einer Assoziation (Schlüssel \mapsto Wert)
(evtl. vorhandene Assoziation mit Schlüssel wird überschrieben),
 - Entfernen einer Assoziation (Schlüssel),
 - Nachschlagen des Werts zu einem Schlüssel,

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

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**
- **Veränderliche (mutable) Datenstruktur**
- Grundoperationen auf Dictionaries
 - Einfügen einer Assoziation (Schlüssel \mapsto Wert)
(evtl. vorhandene Assoziation mit Schlüssel wird überschrieben),
 - Entfernen einer Assoziation (Schlüssel),
 - Nachschlagen des Werts zu einem Schlüssel,
 - Test auf Anwesenheit eines Schlüssels

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

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**
- **Veränderliche (mutable) Datenstruktur**
- Grundoperationen auf Dictionaries
 - Einfügen einer Assoziation (Schlüssel \mapsto Wert)
(evtl. vorhandene Assoziation mit Schlüssel wird überschrieben),
 - Entfernen einer Assoziation (Schlüssel),
 - Nachschlagen des Werts zu einem Schlüssel,
 - Test auf Anwesenheit eines Schlüssels
- Voraussetzungen

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST APIs

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries



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

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

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**
- **Veränderliche (mutable) Datenstruktur**
- Grundoperationen auf Dictionaries
 - Einfügen einer Assoziation (Schlüssel \mapsto Wert)
(evtl. vorhandene Assoziation mit Schlüssel wird überschrieben),
 - Entfernen einer Assoziation (Schlüssel),
 - Nachschlagen des Werts zu einem Schlüssel,
 - Test auf Anwesenheit eines Schlüssels
- Voraussetzungen
 - Schlüssel müssen auf Gleichheit getestet werden können!
 - Schlüssel müssen unveränderlich (immutable) sein!

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST APIs

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries (Fortsetzung)



Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

- Dictionaries sind so implementiert, dass der Wert zu einem gegebenen Schlüssel unabhängig von der Anzahl der bestehenden Einträge effizient bestimmt werden kann.

Dictionaries (Fortsetzung)



Beispiele

Operationen

Geschatztheit

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

- Dictionaries sind so implementiert, dass der Wert zu einem gegebenen Schlüssel unabhängig von der Anzahl der bestehenden Einträge effizient bestimmt werden kann.
- Der Typ eines Dictionaries ist `dict` [Key , Value] , wobei Key der Typ der Schlüssel ist und Value der Typ der Werte.

Dictionaries (Fortsetzung)



- Dictionaries sind so implementiert, dass der Wert zu einem gegebenen Schlüssel unabhängig von der Anzahl der bestehenden Einträge effizient bestimmt werden kann.
- Der Typ eines Dictionaries ist `dict` [Key , Value] , wobei Key der Typ der Schlüssel ist und Value der Typ der Werte.
- (Ein aktuelles Thema: **key-value stores**; das sind netzweit verteilte Dictionaries.)

Dictionaries: Ein Beispiel



```
>>> description : dict[str, str] = {  
...     "walk": "silly", "parrot": "dead",  
...     "unladen swallow": "no witchcraft"}  
>>> description["parrot"]  
'dead'  
>>> "walk" in description  
True  
>>> description["parrot"] = "pining for the fjords"  
>>> description["slides"] = "unfinished"  
>>> description  
{'walk': 'silly', 'parrot': 'pining for the fjords', 'unladen swallow': 'no witchcraft'}
```

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries erzeugen (Auswahl)



■ `{key1: value1, key2: value2, ...}`

Hier sind `key1`, `key2`, ... **unveränderliche Python-Objekte**, d.h. Zahlen, Strings, Tupel, etc.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschaechtele

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST APIs

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

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

Dictionaries erzeugen (Auswahl)



■ `{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.

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

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschaechte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST APIs

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries erzeugen (Auswahl)



- `{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.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST APIs

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Dictionaries erzeugen: Beispiele



Beispiele

Operationen

Geschachtelte
Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

```
>>> {"parrot": "dead", "spam": "tasty", 10: "zehn"}  
{'parrot': 'dead', 'spam': 'tasty', 10: 'zehn'}  
>>> dict(six=6, nine=9, six_times_nine=54)  
{'six': 6, 'nine': 9, 'six_times_nine': 54}  
>>> english = ["red", "blue", "yellow"]  
>>> german = ["rot", "blau", "gelb"]  
>>> dict(zip(english, german))  
{'red': 'rot', 'blue': 'blau', 'yellow': 'gelb'}
```

Operationen auf Dictionaries: Grundlegendes



UNI
FREIBURG

Sei `d : dict[Key, Value]`

- `key in d:`

True, falls das Dictionary `d` den Schlüssel `key` enthält.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Operationen auf Dictionaries: Grundlegendes



Sei `d : dict[Key, Value]`

- `key in d`:
True, falls das Dictionary `d` den Schlüssel `key` enthält.
- `bool(d)`:
True, falls das Dictionary nicht leer ist.

Dictionaries

Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dictionaries
Views
Zugriff auf REST
APIs
Dicts als
Hashtabellen
Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Operationen auf Dictionaries: Grundlegendes



UNI
FREIBURG

Sei `d : dict[Key, Value]`

- `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

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Operationen auf Dictionaries: Werte auslesen



UNI
FREIBURG

- `d[key]`:
Liefert den Wert zum Schlüssel `key`.
Fehler bei nicht vorhandenen Schlüsseln.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Operationen auf Dictionaries: Werte auslesen



- `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).

get: Beispiel



```
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.")
```

liefert die 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 Dictionaries
- Views
- Zugriff auf REST APIs
- Dicts als Hashtabellen
- Veränderliche Dict-Keys?
- Mengen

Operationen auf Dictionaries: Werte eintragen



Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte
Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

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.

Operationen auf Dictionaries: Werte eintragen



- `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.

Geschachtelte Dictionaries

- Auch Dictionaries können selbst Dictionaries enthalten.

```
>>> en_de={'red': 'rot', 'yellow': 'gelb', 'blue': 'blau'}
>>> de_fr ={'rot': 'rouge', 'gelb': 'jaune', '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: Iteration



Die folgenden Methoden liefern Objekte, die mit `for`-Schleifen durchlaufen werden können.

Der Durchlauf geschieht in der Reihenfolge des Einfügens in das Dictionary.
Achtung: Dabei werden Änderungen am zugrundeliegenden dict sichtbar!

- `d.keys()`

Liefert alle Schlüssel in d.

Dictionaries

Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Operationen auf Dictionaries: Iteration



Die folgenden Methoden liefern Objekte, die mit `for`-Schleifen durchlaufen werden können.

Der Durchlauf geschieht in der Reihenfolge des Einfügens in das Dictionary.

Achtung: Dabei werden Änderungen am zugrundeliegenden dict sichtbar!

- `d.keys()`
Liefert alle Schlüssel in d.
- `d.values()`
Liefert alle Werte in d.

Dictionaries

Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dictionaries

Views
Zugriff auf REST
APIs
Dicts als
Hashtabellen
Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Operationen auf Dictionaries: Iteration



Die folgenden Methoden liefern Objekte, die mit `for`-Schleifen durchlaufen werden können.

Der Durchlauf geschieht in der Reihenfolge des Einfügens in das Dictionary.

Achtung: Dabei werden Änderungen am zugrundeliegenden dict sichtbar!

- `d.keys()`
Liefert alle Schlüssel in d.
- `d.values()`
Liefert alle Werte in d.
- `d.items()`
Liefert alle Einträge, d.h. (`key`, `value`)-Assoziationen in d.

Dictionaries

Beispiele
Operationen
Geschatzte
Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Operationen auf Dictionaries: Iteration



Die folgenden Methoden liefern Objekte, die mit `for`-Schleifen durchlaufen werden können.

Der Durchlauf geschieht in der Reihenfolge des Einfügens in das Dictionary.

Achtung: Dabei werden Änderungen am zugrundeliegenden dict sichtbar!

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

Dictionaries für Keyword Parameter



- 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.

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

Dictionaries

Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dictionaries

Views
Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen
Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

- Im Internet werden Webservices über sogenannte **REST APIs** aufgerufen.
- REST = Representational State Transfer
- Eine solche API wird durch eine Reihe von **URLs** beschrieben.
- Eine URI besteht aus
 - einem Hostnamen, der den anbietenden Rechner benennt,
 - einem Pfad, der die Funktion auswählt und ihre Argumente angibt.
- Beispiel: Zugriff auf Daten der Bitcoin Blockchain
Dokumentation:
https://www.blockchain.com/de/explorer/api/blockchain_api

Dictionaries
Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dictionaries
Views
Zugriff auf REST
APIs
Dicts als
Hashtabellen
Veränderliche
Dict-Keys?
Mengen

Zugriff auf REST APIs — Beispiel



Der Rechner `blockchain.info` bietet Informationen über die Bitcoin-Blockchain an.

- Unter `https://blockchain.info/latestblock` ist der letzte erstellte Block verfügbar.
- Das Ergebnis ist ein Objekt, das im **JSON** Format übermittelt wird:

```
{  
    "hash": "000000000000538200a48202ca6340e983646ca088c7618ae82d68e0c76ef5a",  
    "time": 1325794737,  
    "block_index": 841841,  
    "height": 160778,  
    "txIndexes": [  
        13950369,  
        13950510,  
        13951472  
    ]  
}
```

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Zugriff auf REST APIs — requests



- In Python erfolgt der Zugriff auf eine REST API mit Hilfe des Moduls `requests`.
- Die Operation `requests.get()` nimmt als Argument einen String mit einer URI und liefert ein Response Objekt.
- Dieses besitzt eine Methode `.json()`, die eine Antwort im JSON Format in ein Dictionary umwandelt.

Zugriff auf REST APIs — Verarbeitung

Matching auf Dictionaries



```
import requests
def size_of_latest_block(base: str = 'https://blockchain.info/') -> int:
    lb = requests.get(base + 'latestblock')
    match lb.json():
        case {'hash': hash_lb, 'time': time_lb}:
            print("time=", time_lb)
            sb = requests.get(base + 'rawblock/' + hash_lb)
            return len(sb.json()['tx'])
```

Beispiele
Operationen
Geschachtelle
Dictionaries
Views
Zugriff auf REST APIs
Dicts als Hashtabellen
Veränderliche Dict-Keys?
Mengen

- Pattern matching auf ein Dictionary wie `lb.json()` listet die Schlüssel auf, die vorhanden sein müssen (im Beispiel '`hash`' und '`time`') und assoziiert diese jeweils mit einem Pattern (in diesem Fall jeweils nur eine Variable).
- Das Dictionary darf weitere Schlüssel enthalten, die ignoriert werden.

Wie funktionieren Dictionaries?



UNI
FREIBURG

Dictionaries sind als **Hashtabellen** implementiert:

- Bei der Erzeugung eines Dictionaries wird eine große Tabelle (die **Hashtabelle**) eingerichtet.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

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.
- Eine **Hashfunktion** ordnet jedem Schlüssel einen **Hashwert** zu, der als Tabellenindex dient. (Problem: Mehr Schlüssel als Plätze in der Tabelle.)

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

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.
- Eine **Hashfunktion** ordnet jedem Schlüssel einen **Hashwert** zu, der als Tabellenindex dient. (Problem: Mehr Schlüssel als Plätze in der Tabelle.)
- Der zum Schlüssel gehörige Wert wird an dieser Stelle in der Tabelle abgelegt, es sei denn...

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

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.
- Eine **Hashfunktion** ordnet jedem Schlüssel einen **Hashwert** zu, der als Tabellenindex dient. (Problem: Mehr Schlüssel als Plätze in der Tabelle.)
- 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**).

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Wie funktionieren Dictionaries?



UNI
FREIBURG

Dictionaries sind als **Hashtabellen** implementiert:

- Bei der Erzeugung eines Dictionaries wird eine große Tabelle (die **Hashtabelle**) eingerichtet.
- Eine **Hashfunktion** ordnet jedem Schlüssel einen **Hashwert** zu, der als Tabellenindex dient. (Problem: Mehr Schlüssel als Plätze in der Tabelle.)
- 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).

Dictionaries
Beispiele
Operationen
Geschachtelte
Dictionaries
Views
Zugriff auf REST
APIs
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.
- Eine **Hashfunktion** ordnet jedem Schlüssel einen **Hashwert** zu, der als Tabellenindex dient. (Problem: Mehr Schlüssel als Plätze in der Tabelle.)
- 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
Geschatchtele
Dictionaries
Views
Zugriff auf REST APIs
Dicts als Hashtabellen
Veränderliche Dict-Keys?
Mengen

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Eingabe:

Hashtabelle		
Index	Key	Value
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Eine Hashtabelle bei der Arbeit

Eingabe: ('parrot', 'dead')

Hashtabelle		
Index	Key	Value
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Eingabe: ('parrot', 'dead')
hash('parrot')=4

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

Index	Key	Value
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Eine Hashtabelle bei der Arbeit

Eingabe:

Hashtabelle		
Index	Key	Value
0		
1		
2		
3		
4	'parrot'	'dead'
5		
6		

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Eingabe: ('spam', 'tasty')

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

Index	Key	Value
0		
1		
2		
3		
4	'parrot'	'dead'
5		
6		

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Eingabe: ('spam', 'tasty')
hash('spam')=0

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

Index	Key	Value
0		
1		
2		
3		
4	'parrot'	'dead'
5		
6		

Eine Hashtabelle bei der Arbeit

Eingabe:

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

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Eingabe: ('zehn', 10)

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST APIs

Dicts als Hashtabellen

Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Eingabe: ('zehn', 10)
hash('zehn')=4

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Eingabe: ('zehn', 10)

hash('zehn')=4 **Konflikt!**

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Eingabe:

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

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Eine Hashtabelle bei der Arbeit

Anfrage: 'parrot'

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Anfrage: 'parrot'
hash('parrot')=4

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Eine Hashtabelle bei der Arbeit

Anfrage: 'parrot'
hash('parrot')=4
Ausgabe: 'dead'

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Anfrage: 'zehn'

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Anfrage: 'zehn'
hash('zehn')=4

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Anfrage: 'zehn'
hash('zehn')=4

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Eine Hashtabelle bei der Arbeit



Anfrage: 'zehn'

hash('zehn')=4

Ausgabe:10

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Hashtabelle

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

Einige Konsequenzen ...



UNI
FREIBURG

- Schlüssel müssen hash-bar sein und auf Gleichheit getestet werden können.

Dictionaries

[Beispiele](#)
[Operationen](#)
[Geschaechte](#)
[Dictionaries](#)
[Views](#)
[Zugriff auf REST APIs](#)
[Dicts als Hashtabellen](#)
[Veränderliche Dict-Keys?](#)

Mengen

Einige Konsequenzen ...



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

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?
```

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

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?

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Illegal!

mydict[mylist] liefert schon eine Fehlermeldung!

Veränderliche Dictionary-Keys (2)



UNI
FREIBURG

- In Python dürfen nur *unveränderliche* Objekte, die aus Tupeln, Strings und Zahlen konstruiert sind, als Dictionary-Schlüssel verwendet werden.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Veränderliche Dictionary-Keys (2)



- In Python dürfen 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.

Dictionaries

Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Veränderliche Dictionary-Keys (2)



- In Python dürfen 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 sollen, müssen als `frozen` definiert werden, sodass die Attribute nach der Initialisierung nicht verändert werden können:

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

Dictionaries
Beispiele
Operationen
Geschatztheile
Dictionaries
Views
Zugriff auf REST APIs
Dicts als Hashtabellen
Veränderliche Dict-Keys?
Mengen

Veränderliche Dictionary-Keys (2)



- In Python dürfen 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 sollen, müssen als `frozen` definiert werden, sodass die Attribute nach der Initialisierung nicht verändert werden können:

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

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

Veränderliche Dictionary-Keys (3)



UNI
FREIBURG

Python-Interpreter

```
>>> mydict = {("silly", "walk"): [1, 2, 3]}
```

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte Dictionaries
- Views
- Zugriff auf REST APIs
- Dicts als Hashtabellen
- Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Veränderliche Dictionary-Keys (3)



Python-Interpreter

```
>>> mydict = {("silly", "walk"): [1, 2, 3]}\n>>> mydict[[10, 20]] = "spam"
```

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte Dictionaries
- Views
- Zugriff auf REST APIs
- Dicts als Hashtabellen
- Veränderliche Dict-Keys?

Mengen

Veränderliche Dictionary-Keys (3)



Python-Interpreter

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

Dictionaries

[Beispiele](#)
[Operationen](#)
[Geschachtelte Dictionaries](#)
[Views](#)
[Zugriff auf REST APIs](#)
[Dicts als Hashtabellen](#)
[Veränderliche Dict-Keys?](#)

Mengen

Veränderliche Dictionary-Keys (3)



Beispiele

Operationen

Geschachtelte

Dictionaries

Views

Zugriff auf REST
APIs

Dicts als
Hashtabellen

Veränderliche
Dict-Keys?

Mengen

Python-Interpreter

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

Veränderliche Dictionary-Keys (3)



Python-Interpreter

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

Dictionaries

- Beispiele
- Operationen
- Geschachtelte Dictionaries
- Views
- Zugriff auf REST APIs
- 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 Dictionaries](#)
- [Views](#)
- [Zugriff auf REST APIs](#)
- [Dicts als Hashtabellen](#)
- [Veränderliche Dict-Keys?](#)

Mengen



Mengen

Set und Frozenset
Operationen
Konstruktion
Grundlegende Operationen
Einfügen und Entfernen
Zusammenfassung

Mengen

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) Elemente. Die Reihenfolge der Elemente spielt keine Rolle.

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) Elemente. Die Reihenfolge der Elemente spielt keine Rolle.
- Grundoperationen auf dem Datentyp Menge:

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) Elemente. Die Reihenfolge der Elemente spielt keine Rolle.
- Grundoperationen auf dem Datentyp Menge:
 - Einfügen eines Elements,

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) Elemente. Die Reihenfolge der Elemente spielt keine Rolle.
- Grundoperationen auf dem Datentyp Menge:
 - Einfügen eines Elements,
 - Entfernen eines Elements,

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) Elemente. Die Reihenfolge der Elemente spielt keine Rolle.
- Grundoperationen auf dem Datentyp Menge:
 - Einfügen eines Elements,
 - Entfernen eines Elements,
 - Test ob Element enthalten ist.

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) 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

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) 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 hashbar sein!

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) 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 hashbar sein!
 - Elemente müssen auf Gleichheit getestet werden können!

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) 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 hashbar sein!
 - Elemente müssen auf Gleichheit getestet werden können!
 - Elemente müssen unveränderlich (immutable) sein!

- Der Datentyp Menge ist ein **Container-Datentyp**. Das heißt, ein Element des Datentyps Menge enthält selbst (endlich viele, untergeordnete) 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 hashbar sein!
 - Elemente müssen auf Gleichheit getestet werden können!
 - Elemente müssen unveränderlich (immutable) sein!
- Einfügen und Entfernen sind **idempotent**; eine Menge kann also nicht dasselbe Element ‚mehrmals‘ enthalten (\Rightarrow Multimenge).

Mengen (Fortsetzung)



- Mengen können durch Listen implementiert werden. Dann ist die mittlere Zeit ein Element zu finden, *linear* in der Größe der Menge.

Mengen (Fortsetzung)



- Mengen können durch Listen implementiert werden. Dann ist die mittlere Zeit ein Element zu finden, *linear* in der Größe der Menge.
- Mengen können durch (balancierte) binäre Suchbäume 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 (Fortsetzung)



- Mengen können durch Listen implementiert werden. Dann ist die mittlere Zeit ein Element zu finden, *linear* in der Größe der Menge.
- Mengen können durch (balancierte) binäre Suchbäume 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).

Mengen (Fortsetzung)



- Mengen können durch Listen implementiert werden. Dann ist die mittlere Zeit ein Element zu finden, *linear* in der Größe der Menge.
- Mengen können durch (balancierte) binäre Suchbäume 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 veränderliche und unveränderliche Mengen in Python, die alle Mengenoperationen unterstützen.

- Mengen können durch Listen implementiert werden. Dann ist die mittlere Zeit ein Element zu finden, *linear* in der Größe der Menge.
- Mengen können durch (balancierte) binäre Suchbäume 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 veränderliche und unveränderliche Mengen in Python, die alle Mengenoperationen unterstützen.
- Sie sind ebenfalls mit Hilfe von Hashtabellen realisiert.

Mengen: set und frozenset



- Voraussetzung: **Mengenelemente** müssen *hashbar* (unveränderlich) sein (wie die Schlüssel bei Dictionaries).

Mengen: set und frozenset



- Voraussetzung: Mengenelemente müssen *hashbar* (unveränderlich) sein (wie die Schlüssel bei Dictionaries).
- Es gibt die Typen `set` [Elem] und `frozenset` [Elem] für Mengen mit Elementen vom Typ Elem.

Mengen: set und frozenset



- Voraussetzung: Mengenelemente müssen *hashbar* (unveränderlich) sein (wie die Schlüssel bei Dictionaries).
- Es gibt die Typen `set` [Elem] und `frozenset` [Elem] für Mengen mit Elementen vom Typ Elem.
 - Instanzen von `frozenset` sind unveränderlich \rightsquigarrow hashbar,

Mengen: set und frozenset



- Voraussetzung: **Mengenelemente** müssen *hashbar* (unveränderlich) sein (wie die Schlüssel bei Dictionaries).
- Es gibt die Typen `set` [Elem] und `frozenset` [Elem] für Mengen mit Elementen vom Typ Elem.
 - Instanzen von `frozenset` sind unveränderlich \rightsquigarrow hashbar,
 - Insbesondere können Instanzen von `frozenset` auch als Elemente von `set` und `frozenset` sowie als Schlüssel von Dictionaries verwendet werden.

Mengen: set und frozenset



- Voraussetzung: Mengenelemente müssen *hashbar* (unveränderlich) sein (wie die Schlüssel bei Dictionaries).
- Es gibt die Typen `set` [Elem] und `frozenset` [Elem] für Mengen mit Elementen vom Typ Elem.
 - Instanzen von `frozenset` sind unveränderlich \rightsquigarrow hashbar,
 - Insbesondere können Instanzen von `frozenset` auch als Elemente von `set` und `frozenset` sowie als Schlüssel von Dictionaries verwendet werden.
 - Instanzen von `set` sind veränderlich.

Operationen auf Mengen



Wir teilen die Operationen auf Mengen in Gruppen ein:

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

Konstruktion von Mengen



- $\{ \text{elem}_1, \dots, \text{elem}_N \}$
Erzeugt die veränderliche Menge $\{ \text{elem}_1, \dots, \text{elem}_N \}$.

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende
Operationen

Einfügen und
Entfernen

Zusammenfassung

Konstruktion von Mengen



- `{elem1, ..., elemN}`
Erzeugt die veränderliche Menge `{elem1,...,elemN}`.
- `set()`
Veränderliche leere Menge.

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und
Entfernen

Zusammenfassung

Konstruktion von Mengen



UNI
FREIBURG

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und

Entfernen

Zusammenfassung

- `{elem1, ..., elemN}`
Erzeugt die veränderliche Menge `{elem1,...,elemN}`.
- `set()`
Veränderliche leere Menge.
- `set(iterable)`
Veränderliche Menge aus den Elementen von `iterable` (ein Tupel, eine Liste, o.ä.).

Konstruktion von Mengen

- `{elem1, ..., elemN}`
Erzeugt die veränderliche Menge `{elem1,...,elemN}`.
- `set()`
Veränderliche leere Menge.
- `set(iterable)`
Veränderliche Menge aus den Elementen von `iterable` (ein Tupel, eine Liste, o.ä.).
- `frozenset()`
Unveränderliche leere Menge.

Konstruktion von Mengen



- `{elem1, ..., elemN}`
Erzeugt die veränderliche Menge `{elem1,...,elemN}`.
- `set()`
Veränderliche leere Menge.
- `set(iterable)`
Veränderliche Menge aus den Elementen von `iterable` (ein Tupel, eine Liste, o.ä.).
- `frozenset()`
Unveränderliche leere Menge.
- `frozenset(iterable)`
Unveränderliche Menge aus den Elementen von `iterable` (Tupel, Liste, ...).

Konstruktion von Mengen



- `{elem1, ..., elemN}`
Erzeugt die veränderliche Menge `{elem1,...,elemN}`.
- `set()`
Veränderliche leere Menge.
- `set(iterable)`
Veränderliche Menge aus den Elementen von `iterable` (ein Tupel, eine Liste, o.ä.).
- `frozenset()`
Unveränderliche leere Menge.
- `frozenset(iterable)`
Unveränderliche Menge aus den Elementen von `iterable` (Tupel, Liste, ...).
- Die Elemente von `iterable` müssen *hashbare* Objekte sein!

Konstruktion von Mengen: Beispiele (1)



```
>>> s = set("spamspam")
>>> s.remove('p')
>>> print(s)
{'a', 'm', 's'}
>>> f = frozenset("spamspam")
>>> f.difference("sm")
frozenset({'a', 'p'})
>>> print(f)
frozenset({'a', 'p', 'm', 's'})
>>> 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)))
{(2, 3), 1, 'spam'}
>>> set({"spam": 20, "jam": 30})
{'jam', 'spam'}
```

Konstruktion von Mengen: Beispiele (2)



```
>>> 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'})}
```

Grundlegende Operationen auf Mengen



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.

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 weitere Operationen



UNI
FREIBURG

Dictionaries

Mengen

Set und Frozenset

Operationen

Konstruktion

Grundlegende

Operationen

Einfügen und
Entfernen

Zusammenfassung

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

Zusammenfassung



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