

# Informatik I: Einführung in die Programmierung

## 22. Reguläre Ausdrücke

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Bernhard Nebel

12.01.2016

# 1 Motivation



Motivation

Das Modul  
re

Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke

Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle

Ausführli-  
ches  
Beispiel

12.01.2016

B. Nebel – Info I

3 / 48

## Reguläre Ausdrücke - wozu?



Motivation

Das Modul  
re

Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke

Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle

Ausführli-  
ches  
Beispiel

- Ein Großteil von (Skript-)Programmierung besteht darin, **Textdateien** zu **überprüfen** und/oder zu **analysieren**.
- Zum Beispiel:
  - feststellen, ob ein String eine gültige Telefonnummer oder eine gültige E-Mail-Adresse ist;
  - bestimmte Muster in Texten finden, die vermutlich fehlerhaft sind („der der“);
  - aus einer HTML-Seite alle Links extrahieren.
- Wir können dies mit den String-Methoden und Einzelzugriffen auf Strings realisieren ... aber das wird ziemlich schnell ziemlich umständlich.

12.01.2016

B. Nebel – Info I

4 / 48

## Beispiel: E-Mail-Adresse



Motivation

Das Modul  
re

Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke

Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle

Ausführli-  
ches  
Beispiel

- Eine E-Mail-Adresse besteht aus
  - dem **lokalen Teil**,
  - gefolgt vom „@“-Zeichen,
  - gefolgt vom **Domänenteil**.
- Der lokale Teil darf alle Zeichen außer „@“ und Leerzeichen enthalten.
- Der Domänenteil darf nur die Zeichen „A“-„Z“, „a“-„z“, „0“-„9“, „-“ und „.“ enthalten und nicht auf einem Punkt oder Strich enden und muss mindestens einen Punkt enthalten.
  - OK: nebel@uni-freiburg.de, m!'' ,mustermann@gmx.t
  - Nicht OK: b.nebel@uni, m@mustermann@gmx.de
- Tatsächlich ist das eine **grobe Vereinfachung!**

12.01.2016

B. Nebel – Info I

5 / 48

## Eine E-Mail-Adresse testen

email.py

```
def emailIsValid(str):
    i=0; dot = False
    while (i<len(str) and not str[i].isspace() and
           not str[i] == "@"):
        i +=1
    if i==len(str) or str[i] != '@': return False
    i += 1
    while i<len(str) and (str[i].isalnum() or
                         str[i] == "-" or str[i] == "."):
        if str[i] == ".": dot = True
        i += 1
    if i != len(str) or not dot: return False
    if str[i - 1] == "-" or str[i - 1] == ".":
        return False
    return True
```

Motivation

Das Modul  
re

Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke

Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle

Ausführli-  
ches  
Beispiel

## E-Mail-Adresse testen – kompakt

email.py

```
import re
```

```
def emailIsValidRe(str):
    return re.match(
        r'[^@\s]+@[0-9a-z\-\]*\.[0-9a-z\-\]*[0-9a-z\-\]*$',
        str, re.I+re.A) != None
```

- Diese Funktion macht **dasselbe**, wie die auf der letzten Folie,
- is aber sehr viel **kompakter** beschrieben.
- Einsatz von **regulären Ausdrücken**
- Ein regulärer Ausdruck beschreibt eine **Menge von Strings**:
- Wir beschreiben nicht, **wie** wir den String analysieren, sondern **was** für eine Gestalt er haben soll.

Motivation

Das Modul  
re

Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke

Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle

Ausführli-  
ches  
Beispiel

## 2 Das Modul re

Motivation

Das Modul  
re

Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke

Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle

Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Das re-Modul: Match-Funktionen

- `re.match(pattern, string, flags=0)`:  
Prüft, ob `pattern` auf ein Anfangsstück von `string` passt – ob das Pattern den String **matcht**. Dabei ist `flags` optional. Ergebnis ist `None` wenn nicht erfolgreich, sonst ein *Match*-Objekt.
- `re.search(pattern, string, flags=0)`:  
Wie `match`, aber es wird innerhalb von `string` **gesucht**, statt nur den Anfang zu testen.
- `re.findall(pattern, string, flags=0)`:  
Wie `search`, aber liefert eine Liste mit allen **nicht-überlappenden** in String gematchten Teilstrings (oder Tupeln mit *Gruppenzugehörigkeiten*).
- `re.finditer(pattern, string, flags=0)`:  
Wie `findall`, aber liefert einen Iterator, der alle *Match*-Objekte erzeugen kann.

Motivation

Das Modul  
re

Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke

Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle

Ausführli-  
ches  
Beispiel

- `re.split(pattern, string, flags=0)`:  
**Zerlegt** `string` an den Stellen, an denen es eine Übereinstimmung mit `pattern` gibt (u.U. noch mehr Resultate, wenn Gruppen vorhanden).
- `re.sub(pattern, repl, string, count=0, flags=0)`:  
**Ersetzt** innerhalb von `string` alle *Matches* durch `repl`, wobei das ein String oder ein Funktionsobjekt sein kann, das das *Match*-Objekt als Parameter nehmen muss. Der optionale Parameter `count` begrenzt die Anzahl der Ersetzungen.
- `re.subn(pattern, repl, string, count=0, flags=0)`:  
Wie `sub`, aber es wird ein Tupel aus Anzahl und neuem String zurück gegeben.

Motivation  
Das Modul  
re  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

Motivation  
Das Modul  
re  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

- Jeder String ist ein regulärer Ausdruck, der genau den String matcht, der mit ihm identisch ist.

### Python-Interpreter

```
>>> re.match('aba', 'ababababa')
<_sre.SRE_Match object at 0x10e29f920>
>>> re.findall('aba', 'ababababa')
['aba', 'aba'] # nicht überlappende Strings!
```

- Da das Zeichen „\“ häufig zum Einsatz kommt, gibt man reguläre Ausdrücke besser mit Hilfe von **rohen Strings** an, d.h. `r'string'`. Ansonsten müsste man immer „\\“ schreiben, wenn man einen Rückstrich meint.

Motivation  
Das Modul  
re  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

- Um ein beliebiges Zeichen zu matchen (in Übereinstimmung zu bringen), kann man den Punkt benutzen. Meint man tatsächlich den Punkt, muss man „\.“ nutzen.
- Wie könnte man die bestimmten Artikel aus einem Text fischen?

### Python-Interpreter

```
>>> re.findall(r'd..', 'der Hund, die Katze, damit')
['der', 'd', ' ', 'die', 'dam']
>>> re.findall(r'd.. ', 'der Hund, die Katze,damit')
['der ', 'die ']
>>> re.findall(r'.....\.', 'der Hund, die Katze.')
['Katze.']
```

- **Beachte:** Normalerweise matcht der Punkt nicht das Newline-Zeichen `\n`, außer das **DOTALL-Flag** ist gesetzt.

Motivation  
Das Modul  
re  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Verallgemeinerung: Zeichenklassen



- Ein Buchstabe matcht genau den Buchstaben, ein Punkt alles. Man bräuchte etwas dazwischen.
- Beispiel: Wir wollen ein Datum wie „12.11.1998“ matchen.
- Um eine Menge von möglichen Zeichen zu matchen, kann man diese in eckigen Klammern aufzählen:

### Python-Interpreter

```
>>> re.findall(r'[0123][0123456789]\.', '12.11.1998')  
['12.', '11.']
```

- Einen Bereich von Zeichen kann man mit dem Bindestrich aufzählen.

### Python-Interpreter

```
>>> re.findall(r'[0-3][6-950-4]\.', '31.12.1998 ')  
['31.', '12.']
```

Motivation  
Das Module  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Sonderzeichen in Zeichenklassen



- Der Punkt „.“ ist **kein Sonderzeichen** in Zeichenklassen.
- „\“ ist das **Quotierungszeichen**, mit dem man andere Sonderzeichen (z.B. „-“ und „\“ ) präfigiert, um diese in die Zeichenklasse aufzunehmen, z.B. bezeichnet `[.\-\\]` die Klasse bestehend aus Punkt, Minus und Rückstrich.
- „-“ ist das **Bereichssonderzeichen**, das aber am Anfang oder Ende einer Zeichenklassenbeschreibung kein Quotierungszeichen benötigt.
- „]“ ist das **Abschlusszeichen** für Zeichenklassenbeschreibungen, das am *Anfang* keine Quotierung benötigt, d.h. sowohl `[[]{}()]` als auch `[[]{}()]` beschreiben die Klasse aller Klammern.
- „^“ ist das **Komplementzeichen**, wenn es das erste Zeichen ist. An allen anderen Stellen wird es als normales Zeichen verstanden. Z.B. ist `[^[]{}()^]` die Klasse aller Zeichen, die keine Klammern oder Hochpfeile sind.

Motivation  
Das Module  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Vordefinierte Zeichenklassen



Es gibt eine Menge von vordefinierten Zeichenklassen.

- `\d` matcht alle Ziffern, d.h. im ASCII-Fall 0–9. Normalerweise aber (Unicode) auch alle Ziffern in anderen Schriftsystemen.
- `\D` matcht alles, was keine Ziffer ist, d.h. ist äquivalent zu `[^\d]`.
- `\s` matcht alle Weißraum-Zeichen, d.h. ist im ASCII-Fall äquivalent zu `[\t\n\r\f\v]`. Bei Unicode können weitere Zeichen hinzukommen.
- `\S` ist äquivalent zu `[^\s]`.
- `\w` ist im ASCII-Fall `[a-zA-Z0-9_]`, im Unicode-Fall kommen alle Buchstaben und Ziffern aus anderen Schriftsystemen dazu.
- `\W` ist äquivalent zu `[^\w]`.

Motivation  
Das Module  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Den leeren String an bestimmten Positionen matchen



Normalerweise wollen wir immer nicht-leere Strings matchen. Aber hin- und wieder kann es sinnvoll sein, den leeren String **an bestimmten Positionen zu matchen**. Z.B., wenn wir alle Worte mit drei Buchstaben, die mit einem Großbuchstaben beginnen, matchen wollen.

- `\A` passt nur am Anfang des Strings, d.h. `re.match(regex, string)` ist äquivalent zu `re.search(r'\A' + regex, string)`.
- `\b` passt nur vor und nach jedem Wort (bestehend aus `\w`-Zeichen D.h. `r'\b[A-Z]\w\b'` würde das oben gewünscht matchen.
- `\B` matcht nur dann, wenn `\b` nicht matcht.
- `\Z` passt nur am Ende des Strings.
- `^` passt wie `\A` nur am Anfang eines Strings. Wenn `MULTILINE`-Flag gesetzt, passt es an jedem Zeilenanfang.

Motivation  
Das Module  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

wenn `MULTILINE`-Flag gesetzt.

## Gruppenbildung und Alternativen



Beim Prüfen des Datums wollen wir zulassen, dass Monat und Tag ein- und zweistellig sein dürfen. Dafür gibt es den **Alternativ-Operator** „|“. Dieser Operator bindet weniger stark als die Konkatenation. Runde Klammern können zur **Gruppenbildung** eingesetzt werden. Will man runde Klammer matchen, muss man das Quotierungszeichen voran stellen.

### Python-Interpreter

```
>>> re.match(r'P(ython|eter)', 'Peter')
<_sre.SRE_Match object at 0x12a77fcf0>
>>> r = r'([0-3][0-9]|[1-9])\.[(0-1)[0-9]|[1-9])\.'
>>> re.match(r, '31.1.')
<_sre.SRE_Match object at 0x10e11fcf0>
>>> re.match(r, '41.1.')
None
>>> re.match(r, '31.0.')
None
```

Motivation  
Das Module  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Einfache Quantoren



Oft soll eine Gruppe *wiederholt* werden oder *optional* sein. Dafür gibt es die **Quantoren** „?“, „\*“ und „+“, die einem Zeichen oder einer Gruppe nachgestellt werden.

- „?“: Das vorangegangene Zeichen oder die vorangegangene Gruppe ist optional. Unseren Beispielausdruck fürs Datum von der letzten Folie könnten wir damit so schreiben:  
`r'[0-3]?[0-9]\.[0-1]?[0-9]\.'`
  - „\*“: Das Zeichen oder die Gruppe kann beliebig oft (auch 0-mal) wiederholt werden.
  - „+“: Das Zeichen oder die Gruppe kann beliebig oft (aber mindestens einmal) wiederholt werden.
- Damit kann man deutsche Telefonnummern beschreiben:  
`r'(\(0\d+/\))?\d+'`

Motivation  
Das Module  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Zählquantoren



Oft kann man genauer sagen, wie oft etwas wiederholt werden darf. Beispiel PLZ: 5-stellig. Datum 1-2-stellig, bzw. 4-stellig.

- Mit `{i}` spezifiziert man, dass die voran gegangene Gruppe (bzw. Zeichen) genau *i*-mal wiederholt werden soll.
- Mit `{min, max}` gibt man an, dass die Gruppe oder das Zeichen zwischen *min* und *max* mal wiederholt werden soll.
- Mit `{, max}` gibt man eine Obergrenze an.
- Mit `{min, }` gibt man eine untere Grenze an.

### Python-Interpreter

```
>>> re.match(r'^\d{5}$', '78110')
<_sre.SRE_Match object at 0x55e11ffff>
>>> re.match(r'^(\d{1,2}\.){2}\d{4}$', '1.1.201')
None
```

Motivation  
Das Module  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Die E-Mail-Adresse nochmal



Die E-Mail-Adresse noch einmal:

```
r'^[^\s@]+@[0-9a-z\-\]*\.[0-9a-z\-\]*[0-9a-z]$'
```

- 1 Die Zeichenklasse, die alle Zeichen außer Leerzeichen und @ enthält
- 2 Beliebige Wiederholung, aber mindestens einmal
- 3 Das @-Zeichen
- 4 Ziffern, Kleinbuchstaben, Minus-Zeichen beliebig oft
- 5 Ein Punkt
- 6 Beliebige viele Kleinbuchstaben, Ziffern, Minus-Zeichen und Punkte
- 7 Zum Abschluss muss ein Buchstabe oder eine Ziffer stehen.
- 8 Hier muss der String zu Ende sein.

Korrekt regulärer Ausdruck für E-Mail-Adressen: <http://www.ex-parrot.com/pdw/Mail-RFC822-Address.html>

Motivation  
Das Module  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Gruppen und Rückbeziehung



Jedes Mal, wenn wir eine Gruppe mit den runden Klammern bilden, wird der damit gematchte Teilstring **referenzierbar** gemacht. Auf diesen Teilstring kann man dann mit der Notation `\n` zugreifen, wobei `n` eine Zahl zwischen 1 und 99 entsprechend der Stellung der Gruppe im regulären Ausdruck ist (Position der öffnenden Klammer zählt!).

- Wir wollen alle Ziffernfolgen finden, die mit der gleichen Zahl anfangen und enden.

### Python-Interpreter

```
>>> f='129 337873 78324 43938 9388 824998 349734'
>>> re.findall(r'\b((\d)\d*\2)\b', f)
[('337873', '3'), ('824998', '8')]
```

- **Gibt es Gruppen** im regulären Ausdruck, dann gibt `findall` statt dem gematchten Text die von den Gruppen **gematchten Teilstrings in Tupeln** zurück!

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

## Gieriges Matchen



- Der *Matcher* versucht immer, möglichst viel im String zu überdecken. Man nennt das auch **gieriges Matching** (*greedy matching*).

- Wenn man nur wissen will, ob der reguläre Ausdruck den gegebenen String matcht, ist das einerlei.

- Will man **alle möglichen Matches** in einem String finden, kann das problematisch sein.

- Beispiel: Sei der folgende Text Teil einer HTML-Datei:

```
Bla <a href="http://www.ex.de/" target="_blank">
Linktext</a> und <a href="restaurant.txt">
dirty fork</a>
```

Wir wollen die URLs und die Linktexte extrahieren. Wir nehmen an, dass der Text in der Variablen `html` gespeichert ist.

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

## Gieriges und genügsames Matchen



- Ein regulärer Ausdruck zum Extrahieren von URLs und Linktexten könnte so aussehen:

### Python-Interpreter

```
>>> re.findall(r'<a href="(.)".*>(.)</a>', html)
[('http://www.ex.de/" target="_blank">Linktext</a> und
<a href="restaurant.txt', 'dirty fork')]
```

- Da ist was schief gegangen!
- Es gibt für alle Quantoren eine **genügsame** (*non-greedy*) Version, die einen möglichst kurzen Teilstring versucht zu überdecken: Nachgestelltes „?“ führt zu genügsamen Matches.

### Python-Interpreter

```
>>> re.findall(r'<a href="(.*?)".*>(.*?)</a>', html)
[('http://www.ex.de/', 'Linktext'), ('restaurant.txt',
'dirty fork')]
```

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

## Erweiterungen



- Damit kennen wir die Syntax der regulären Ausdrücke im Wesentlichen.

- Es gibt einige so genannte **Erweiterungen**, die alle die Gestalt `(? ...)` haben.

- Die meisten matchen den leeren String — und haben nur bestimmte Seiteneffekte, einige matchen aber bestimmte Dinge.

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

## (?aiLmsux):

Diese Erweiterung erlaubt es, eine oder mehrere **Flags** für den gesamten Ausdruck zu setzen (alternativ können die beim Aufruf der Match-Funktion angegeben werden):

- **a**: re.A – ASCII Matching
- **i**: re.I – ignoriere Groß-/Kleinschreibung
- **L**: re.L – *Locale*, vordefinierte Zeichenklassen werden von aktueller Lokalisierung abhängig gemacht – vom Gebrauch wird abgeraten!
- **m**: re.M – Multi-Zeilen Matching (betrifft \$ und ^)
- **s**: re.S – Der Punkt matcht auch \n
- **u**: re.U – nur für Rückwärtskompatibilität, da auf allen Unicode-Strings per Default mit Unicode-Matching gearbeitet wird.
- **x**: re.X – Weißraum-Zeichen im regulären Ausdruck werden ignoriert, wenn sie nicht mit einem \ eingeleitet werden. Nach # kann man kommentieren.

Motivation

Das Modul re

Die Syntax regulärer Ausdrücke

Weiteres zur re-Schnittstelle

Ausführliches Beispiel

## Python-Interpreter

```
>>> re.match(r'^(?xai)
... [^\s]* # der lokale Teil
... @ # das at-Zeichen
... [w-]*\.[^\w-]*w # der Domänenteil
... ''', 'ABX@GMX.DE')
<_sre.SRE_Match object at 0x10c55d9f0> >>>
re.findall(r'\b\w+\b', 'Das ist die Hölle')
['Das', 'ist', 'die', 'Hölle']
>>> re.findall(r'(?a)\b\w+\b', 'Das ist die Hölle')
['Das', 'ist', 'die', 'H', 'lle']
```

Motivation

Das Modul re

Die Syntax regulärer Ausdrücke

Weiteres zur re-Schnittstelle

Ausführliches Beispiel

## (?:...):

Hiermit wird eine „anonyme“ Gruppe gebildet, auf die **kein Bezug** genommen werden kann!

## (?P<name>...):

Hiermit wird eine **benannte Gruppe** erzeugt, auf die man sich mit dem Namen *name* beziehen kann.

## (?P=name):

Dies ist das Gegenstück, mit dem man sich auf die benannte Gruppe beziehen kann.

Motivation

Das Modul re

Die Syntax regulärer Ausdrücke

Weiteres zur re-Schnittstelle

Ausführliches Beispiel

## Python-Interpreter

```
>>> f='129 337873 78324 43938 9388 824998 349734'
>>> re.findall(r'\b((?P<digit>\d)\d*(?P=digit))\b', f)
[('337873', '3'), ('824998', '8')]
```

## (?#...):

Alles in der Klammer nach dem #-Zeichen ist Kommentar!

## Python-Interpreter

```
>>> f='Abba hat es aber'
>>> r=r'(?i)(?#Nur ein Beispiel)ab.'
>>> re.findall(r, f)
['Abb', 'abe']
```

Motivation

Das Modul re

Die Syntax regulärer Ausdrücke

Weiteres zur re-Schnittstelle

Ausführliches Beispiel

## Erweiterungen III: Positive Rück- und Vorausschau (1)



- **(?=...):**  
matcht, falls der Ausdruck ... als **nächstes** matcht! Dabei wird dieser aber nicht konsumiert, sondern kann wieder verwendet werden. D.h. wir schauen voraus. Man redet von **positiver Vorausschau** (*positive lookahead*).
- **(?<=...):**  
matcht, falls der Ausdruck ... den String **vor** der aktuellen Position matcht! Dabei wird dieser aber nicht konsumiert, sondern kann wieder verwendet werden. D.h. wir schauen zurück. Man redet von **positiver Rückschau** (*positive lookbehind*). Achtung: Der Ausdruck muss Strings fester Länge beschreiben!

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

## Erweiterungen III: Positive Rück- und Vorausschau (2)



- **Beispiel:** Wir wollen in einer Ziffernreihe alle dreistelligen Zahlen, die keine Nullen enthalten, aber durch Nullen eingefasst sind, finden.

### Python-Interpreter

```
>>> f='000566403580000345050052301570906040092800'  
>>> r=r'(?<=0)[1-9]{3}(?=0)'  
>>> re.findall(r, f)  
['358', '345', '523', '157', '928']
```

- **Beachte:** 523 und 157 hätte man nicht als Ergebnis erhalten können, wenn die 0 Bestandteil des Patterns gewesen wäre.

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

## Erweiterungen IV: Negative Rück- und Vorausschau



- **(?!...):**  
matcht, falls der Ausdruck ... als **nächstes nicht matcht!** Dabei wird dieser aber nicht konsumiert.
- **(?<!...):**  
matcht, falls der Ausdruck ... den String **vor der aktuellen Position nicht matcht!** Dabei wird dieser aber nicht konsumiert. Auch hier muss der Ausdruck Strings einer festen Länge beschreiben!
- **Beispiel erweitert:** keine zwei Nullen vorher oder hinterher.

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

### Python-Interpreter

```
>>> f='000566403580000345050052301570906040092800'  
>>> r=r'(?<=0)(?!00)[1-9]{3}(?!00)(?=0)'  
>>> re.findall(r, f)  
['157']
```

## Erweiterungen V: Konditionale Matches



- **(?(id/name)yes-pattern|no-pattern):** Falls die Gruppe mit dem angegebenen Index oder Namen einen Wert erhalten hat, wird der erste Teil zum Matchen benutzt, sonst der zweite Teil (der optional ist).

### Python-Interpreter

```
>>> r = r'(?P<klammer>\( )?Python(?(klammer)\))$'  
>>> re.match(r, 'Python') != None  
True  
>>> re.match(r, '(Python)') != None  
True  
>>> re.match(r, '(Python)') != None  
False
```

- Generell werden konditionale Pattern aber als schwierig zu lesen und eher überflüssig angesehen.

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel



## Debuggen von regulären Ausdrücken



- Wenn Matches nicht erfolgreich sind oder aus den falschen Gründen erfolgreich sind, ist es oft schwierig, die **Ursachen** dafür zu verstehen.
- Eine Vorgehensweise ist: Erst einmal kleinere reguläre Ausdrücke zum Matchen benutzen und dann zusammensetzen.
- Alternativ: Einen Online-Debugger/Interpreter nutzen, z.B. <https://www.debuggex.com/>
  - Gibt eine Visualisierung des Ausdrucks als **Zustandsmaschine** (ein *nicht-deterministischer* endlicher Automat)
  - Erlaubt Anfangspunkt zu wählen und visualisiert dann die verschiedenen möglichen Punkte.
  - Enthält einen *Cheatsheet* für reguläre Ausdrücke.

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

## Reguläre Ausdrücke und reguläre Sprachen



- Reguläre Ausdrücke werden auch in **vielen anderen Systemen** mit ganz ähnlicher Syntax eingesetzt.
- In der *Theoretischen Informatik* werden auch reguläre Ausdrücke und die von ihnen erzeugten regulären Sprachen untersucht.
- Dort bestehen reguläre Ausdrücke aber nur aus einzelnen Zeichen, Alternativ-Operator, Gruppierung und den Quantoren \* und +.
- Die meisten zusätzlichen Ausdrucksmittel in Sprachen wie Python sind „**syntaktischer Zucker**“.
  - Allerdings erlauben die Zählquantoren eine **exponentiell kürzere Darstellung**.
  - Der Rückbezug auf Gruppen durch \n geht dann echt über die **Ausdrucksfähigkeit** normaler regulärer Ausdrücke hinaus.

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

## 4 Weiteres zur re-Schnittstelle



Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

## Kompilieren von regulären Ausdrücken



- Bisher haben wir den regulären Ausdruck direkt als String beim Aufruf der Match-Funktion angegeben.
- Man kann, wenn der reguläre Ausdruck öfter verwendet werden soll, diesen **kompilieren** und dann das entsprechende Regular-Expression-Objekt benutzen.
- `re.compile(pattern, flags=0)`

### Python-Interpreter

```
>>> rx = re.compile(r'^(\d{1,2}\.){2}\d{4}$')
>>> rx
<_sre.SRE_Pattern object at 0x10c566180>
>>> rx.match('1.12.2014')
<_sre.SRE_Match object at 0x10c561288>
```

- Die Regular-Expression-Objekte besitzen Methoden entsprechend zu den re-Methoden, z.B. `match`

Motivation  
Das Modul re  
Die Syntax regulärer Ausdrücke  
Weiteres zur re-Schnittstelle  
Ausführliches Beispiel

- Die Match-Objekte besitzen eine Menge von Methoden und Attributen, die den Match genauer beschreiben:

- m.group(\*groups):**  
Gibt die gematchten Teilstrings für die angegebenen Gruppen zurück. Gruppe 0 ist der gesamte gematchte String.
- m.groups(default=None):**  
Gibt alle Teilstrings aller Gruppen zurück, wobei leere (nicht gematchte) Gruppen den Defaultwert erhalten.
- m.groupdict(default=None):**  
Gibt ein dict mit allen benannten Gruppen zurück.
- m.start():**  
Anfangsindex des Matches.
- m.end():**  
Endindex des Matches.
- m.span():**  
= (m.start(), m.end()).

Motivation

Das Modul re

Die Syntax regulärer Ausdrücke

Weiteres zur re-Schnittstelle

Ausführliches Beispiel

## Python-Interpreter

```
>>> f='000566403580000345050052301570906040092800'  
>>> rx = re.compile(r'(?<=0)[1-9]{3}(?=0)')  
>>> for m in rx.finditer(f):  
...     print(m.group(0), m.span(), '', end=' ')  
358 (8, 11) 345 (15, 18) 523 (22, 25) 157 (26, 29) 928  
(37, 40)  
>>> t='Python ist eine langweilige Sprache'  
>>> ry = re.compile('langweilig')  
>>> ry.sub('toll',t)  
'Python ist eine tolle Sprache'
```

Motivation

Das Modul re

Die Syntax regulärer Ausdrücke

Weiteres zur re-Schnittstelle

Ausführliches Beispiel

# 5 Ausführliches Beispiel

Motivation

Das Modul re

Die Syntax regulärer Ausdrücke

Weiteres zur re-Schnittstelle

Ausführliches Beispiel

# Beispiel: Worthäufigkeiten zählen (1)

- Isolieren von Worten (unter Weglassen von Satzzeichen):

`\b(\w+)\b.`

- Worte mit Bindestrichen und Apostrophen?

→ Hinzunahme von Apostroph und Bindestrich:

`\b([\w' -]+)\b.`

- Ist `tree_branch` ein Wort?

→ Ohne Unterstriche: `\b([a-zA-ZäöüÄÖÜß' -]+)\b`

- Was, wenn spezielle Buchstaben aus anderen Sprachen berücksichtigt werden sollen?

→ Alle Wortzeichen ohne Unterstrich:

`\b([\^\w_] | [' -]+)\b`

- Trennen Unterstriche Worte?

→ Unterstrich als Worttrenner:

`(\b|(?<= _))([\^\w_] | [' -]+)(\b|(?= _))`

Motivation

Das Modul re

Die Syntax regulärer Ausdrücke

Weiteres zur re-Schnittstelle

Ausführliches Beispiel

### count.py

```
import re
import operator
def count(fn, maxitems=10):
    rx = re.compile(
        r"(\b|(?<=_))(([\W_]|['-])+)(\b|(?=_))")
    hist = dict()
    with open(fn, encoding='utf8') as f:
        text = f.read()
    for m in rx.finditer(text):
        hist[m.group(0).lower()] =
            hist.setdefault(m.group(0).lower(), 0) + 1
    return((sorted(hist.items()),
            key=operator.itemgetter(1),
            reverse=True))[0:maxitems])
```

Motivation  
Das Modul  
re  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

- encoding ist ein benannter Parameter für open, mit dem man die Kodierung der Textdatei spezifizieren kann (u.a., ascii, utf8, latin9, cp1252)
- Den key-Parameter und die itemgetter-Funktion hatten wir schon besprochen.

Motivation  
Das Modul  
re  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel

## Zusammenfassung

- Mit Hilfe **regulärer Ausdrücke** können wir ganze Klassen von Strings beschreiben.
- Das Modul **re** stellt die Methoden zum Stringmatching zur Verfügung.
- Es gibt eine Menge von Operatoren, mit Hilfe derer reguläre Ausdrücke aufgebaut werden, u.a.: Zeichenklassen, Gruppenbildung, Alternativen, einfache Quantoren, und Zählquantoren.
- Man unterscheidet zwischen gierigem und genügsamen Matchen.
- Zusätzlich gibt es dann noch so Dinge wie Voraus- und Rückschau und konditionale Matches.
- Unter [www.debuggex.com](http://www.debuggex.com) kann man seine regulären Ausdrücke testen.

Motivation  
Das Modul  
re  
Die Syntax  
regulärer  
Ausdrücke  
Weiteres zur  
re-  
Schnittstelle  
Ausführli-  
ches  
Beispiel