

---

# Regular Expressions

`reg(ular expressions?|ex(p|es)?)`



# Inhalte

---

- ▶ Überblick / Allgemeines
- ▶ Regex Funktionen
  - Zeichenklassen
  - Quantifier
  - Modifier
  - Anker
  - Gruppen
  - Lookarounds
  - ...
- ▶ Übungen und Beispiele

# Regular Expressions

---

- ▶ Was?
  - ▶ Beschreibung von Mustern in Zeichenketten
- ▶ Warum?
  - ▶ Suche Textstellen in Dokumenten
  - ▶ Validierung von Eingaben
  - ▶ Textstellen aus Dokumenten extrahieren
  - ▶ Textstellen einfügen oder ersetzen

# Regex Engine

---

## ► Eingabe

- Subjekt: Ein Text (lange Zeichenkette) auf den ein Muster (Regular Expression) angewandt wird
- Muster: Zeichenkette welche eine Musterbeschreibung enthält

## ► Ausgabe

- Match: ja oder nein
- Capturings: gefundene Teststellen

**Abcd e aeaeafa fef a faefaefafich theth lakefeafealfjlaefflaf afa**



# Regex Engine

---

- ▶ Das Muster wird positionsweise auf das Subjekt angewandt.
- ▶ Stimmt eine Position des Musters mit einer Position der Subjekts überein, wird die nächste Position des Musters geprüft.
- ▶ Stimmt eine Position des Musters nicht mit der des Subjekts überein, kommt es zum Backtracking. Alle Permutationen werden geprüft.
- ▶ Sind alle Position des Musters erfolgreich geprüft gilt dies als Match.

# Regex Engine Beispiel

---

Subjekt: abc dde abcd aabb bb aa bb  
ab9d ab?d abdd abkkkd

Muster: ab[a-e]d?

Matches: ?

# Regex Engine Beispiel

---

Subjekt: abc dde abcd aabb bb aa bb  
ab9d ab?d abdd abkkkd

Muster: ab[a-e]d?

Matches: abc, abcd, abdd

# Regex Metazeichen

---

Zur Beschreibung der Regex werden Metazeichen zur Musterbeschreibung verwendet:

Metazeichen:

( ) [ ] { } . ? \* + ^ \$ |

Escaping von Metazeichen mit vorangestelltem \



# ASCII – Das ursprüngliche Regex Alphabet

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	<b>NUL</b> (null)	32	20	040	&#32;	<b>Space</b>	64	40	100	&#64;	<b>@</b>	96	60	140	&#96;	<b>`</b>
1	1	001	<b>SOH</b> (start of heading)	33	21	041	&#33;	<b>!</b>	65	41	101	&#65;	<b>A</b>	97	61	141	&#97;	<b>a</b>
2	2	002	<b>STX</b> (start of text)	34	22	042	&#34;	<b>"</b>	66	42	102	&#66;	<b>B</b>	98	62	142	&#98;	<b>b</b>
3	3	003	<b>ETX</b> (end of text)	35	23	043	&#35;	<b>#</b>	67	43	103	&#67;	<b>C</b>	99	63	143	&#99;	<b>c</b>
4	4	004	<b>EOT</b> (end of transmission)	36	24	044	&#36;	<b>\$</b>	68	44	104	&#68;	<b>D</b>	100	64	144	&#100;	<b>d</b>
5	5	005	<b>ENQ</b> (enquiry)	37	25	045	&#37;	<b>%</b>	69	45	105	&#69;	<b>E</b>	101	65	145	&#101;	<b>e</b>
6	6	006	<b>ACK</b> (acknowledge)	38	26	046	&#38;	<b>&amp;</b>	70	46	106	&#70;	<b>F</b>	102	66	146	&#102;	<b>f</b>
7	7	007	<b>BEL</b> (bell)	39	27	047	&#39;	<b>'</b>	71	47	107	&#71;	<b>G</b>	103	67	147	&#103;	<b>g</b>
8	8	010	<b>BS</b> (backspace)	40	28	050	&#40;	<b>(</b>	72	48	110	&#72;	<b>H</b>	104	68	150	&#104;	<b>h</b>
9	9	011	<b>TAB</b> (horizontal tab)	41	29	051	&#41;	<b>)</b>	73	49	111	&#73;	<b>I</b>	105	69	151	&#105;	<b>i</b>
10	A	012	<b>LF</b> (NL line feed, new line)	42	2A	052	&#42;	<b>*</b>	74	4A	112	&#74;	<b>J</b>	106	6A	152	&#106;	<b>j</b>
11	B	013	<b>VT</b> (vertical tab)	43	2B	053	&#43;	<b>+</b>	75	4B	113	&#75;	<b>K</b>	107	6B	153	&#107;	<b>k</b>
12	C	014	<b>FF</b> (NP form feed, new page)	44	2C	054	&#44;	<b>,</b>	76	4C	114	&#76;	<b>L</b>	108	6C	154	&#108;	<b>l</b>
13	D	015	<b>CR</b> (carriage return)	45	2D	055	&#45;	<b>-</b>	77	4D	115	&#77;	<b>M</b>	109	6D	155	&#109;	<b>m</b>
14	E	016	<b>SO</b> (shift out)	46	2E	056	&#46;	<b>.</b>	78	4E	116	&#78;	<b>N</b>	110	6E	156	&#110;	<b>n</b>
15	F	017	<b>SI</b> (shift in)	47	2F	057	&#47;	<b>/</b>	79	4F	117	&#79;	<b>O</b>	111	6F	157	&#111;	<b>o</b>
16	10	020	<b>DLE</b> (data link escape)	48	30	060	&#48;	<b>0</b>	80	50	120	&#80;	<b>P</b>	112	70	160	&#112;	<b>p</b>
17	11	021	<b>DC1</b> (device control 1)	49	31	061	&#49;	<b>1</b>	81	51	121	&#81;	<b>Q</b>	113	71	161	&#113;	<b>q</b>
18	12	022	<b>DC2</b> (device control 2)	50	32	062	&#50;	<b>2</b>	82	52	122	&#82;	<b>R</b>	114	72	162	&#114;	<b>r</b>
19	13	023	<b>DC3</b> (device control 3)	51	33	063	&#51;	<b>3</b>	83	53	123	&#83;	<b>S</b>	115	73	163	&#115;	<b>s</b>
20	14	024	<b>DC4</b> (device control 4)	52	34	064	&#52;	<b>4</b>	84	54	124	&#84;	<b>T</b>	116	74	164	&#116;	<b>t</b>
21	15	025	<b>NAK</b> (negative acknowledge)	53	35	065	&#53;	<b>5</b>	85	55	125	&#85;	<b>U</b>	117	75	165	&#117;	<b>u</b>
22	16	026	<b>SYN</b> (synchronous idle)	54	36	066	&#54;	<b>6</b>	86	56	126	&#86;	<b>V</b>	118	76	166	&#118;	<b>v</b>
23	17	027	<b>ETB</b> (end of trans. block)	55	37	067	&#55;	<b>7</b>	87	57	127	&#87;	<b>W</b>	119	77	167	&#119;	<b>w</b>
24	18	030	<b>CAN</b> (cancel)	56	38	070	&#56;	<b>8</b>	88	58	130	&#88;	<b>X</b>	120	78	170	&#120;	<b>x</b>
25	19	031	<b>EM</b> (end of medium)	57	39	071	&#57;	<b>9</b>	89	59	131	&#89;	<b>Y</b>	121	79	171	&#121;	<b>y</b>
26	1A	032	<b>SUB</b> (substitute)	58	3A	072	&#58;	<b>:</b>	90	5A	132	&#90;	<b>Z</b>	122	7A	172	&#122;	<b>z</b>
27	1B	033	<b>ESC</b> (escape)	59	3B	073	&#59;	<b>;</b>	91	5B	133	&#91;	<b>[</b>	123	7B	173	&#123;	<b>{</b>
28	1C	034	<b>FS</b> (file separator)	60	3C	074	&#60;	<b>&lt;</b>	92	5C	134	&#92;	<b>\</b>	124	7C	174	&#124;	<b> </b>
29	1D	035	<b>GS</b> (group separator)	61	3D	075	&#61;	<b>=</b>	93	5D	135	&#93;	<b>]</b>	125	7D	175	&#125;	<b>}</b>
30	1E	036	<b>RS</b> (record separator)	62	3E	076	&#62;	<b>&gt;</b>	94	5E	136	&#94;	<b>^</b>	126	7E	176	&#126;	<b>~</b>
31	1F	037	<b>US</b> (unit separator)	63	3F	077	&#63;	<b>?</b>	95	5F	137	&#95;	<b>_</b>	127	7F	177	&#127;	<b>DEL</b>

Source: [www.LookupTables.com](http://www.LookupTables.com)

# Zeichenklassen

Bezeichnung	Bedeutung	Beispiele
Positive Zeichenklasse	Definition einer Klasse von Zeichen	[a-z]: Alle Kleinbuchstaben [!~]: Alle ASCII Zeichen
Negative Zeichenklasse	Alles außer dem Spezifizierten Zeichen	[^a-z]: Alles außer Kleinbuchstaben

Innerhalb der []-Klammern müssen nur [, ], -, \ als Metazeichen escaped werden.

# Spezielle Zeichenklassen

Zeichen	Bedeutung	Alternative
<code>\d</code>	Eine Zahl	<code>[0-9]</code>
<code>\s</code>	Einen "Weißraum"	<code>[ \f\n\r\t\v]</code> und alle Unicodevarianten zB <code>\u00a0</code>
<code>\w</code>	Ein alphanumerisches Zeichen inklusive <code>_</code>	<code>[A-Za-z0-9_]</code>
<code>\D</code>	Alles außer Zahlen	<code>[^0-9]</code> , <code>[^\d]</code>
<code>\S</code>	Alles außer "Weißraum"	<code>[^\s]</code>
<code>\W</code>	Alles außer alphanumerische Zeichen	<code>[^A-Za-z0-9_]</code>
<code>\b</code>	Eine Wortgrenze	<code>(^\w \w\$ \W\w \w\W)</code>
<code>.</code>	Alle Zeichen außer Zeilenumbrüche	<code>[^\n]</code>

# Quantifier

Regex	Bedeutung	Beispiele
{x}	Zeichenkette der Länge x	[a-z]{2}
{x,y}	Zeichenkette der Länge x bis y	[a-z]{2,4}
{x,}	Zeichenkette von mindestens Länge x	[a-z]{2,}
+	{1,}	[a-z]+
*	{0,}	[a-z]*
?	{0,1}	[a-z]?

1. Quantifier sind generell “greedy”. Durch das Anhängen eines ? werden sie “lazy”.
2. Der possessiv (besitznehmende) Quantifier + erlaubt “strenges” Gruppieren

# Alternative

Regex	Bedeutung	Beispiele
	Entweder Regex davor, oder Regex dannach	a b

1. Wird von links nach rechts abgearbeitet und matched erstes Vorkommen
2. Kann auch mehrfach angegeben werden (zB a|b|c)

# Modifier

Zeichen	Bedeutung
i	Case Insensitive
s	. Zeichen inkludiert auch Zeilenumbrüche
m	Multiline
x	Free Spacing mode, # sind Kommentare
g	Globaler Match

# Anker

Zeichen	Bedeutung
<code>^</code>	Anfang der Zeichenkette (kann durch Modifier verändert werden)
<code>\$</code>	Ende der Zeichenkette (kann durch Modifier verändert werden)
<code>\A</code>	Anfang der Zeichenkette
<code>\z</code>	Ende der Zeichenkette
<code>\Z</code>	Ende der Zeichenkette plus ein oder kein Zeilenumbruch

# Capturing Groups

Bezeichnung	Bedeutung	Beispiel
Capturing Group	Klammern werden verwendet für Capturing Groups, mittels \1 können die Gruppen referenziert werden (Backreference)	(abc) (def) \1 \2
Non-Capturing Group	?: wird verwendet damit der Match nicht referenziert werden kann	(?:abc)
Named Capturing Group	Anstatt einer numerierten Backreference kann auch eine Bezeichnung verwendet werden und mit \k'name' referenziert werden	(?'name'abc) \k'name'



# Lookarounds

Zeichen	Bedeutung	Beispiele
(?=...)	Positive Lookahead	ab(?=c)
(?!...)	Negative Lookahead	ab(?!z)
(?<=...)	Positive Lookbehind	(?<=a)bc
(?<!...)	Negative Lookbehind	(?<!x)bc

Die meisten Implementierungen erlauben keine Quantifier in Lookbehind Ausdrücken.

# Unicode

---

- ▶ Unicode kennt einen Unterschied zwischen Zeichen und Zeichencode, deshalb würde ein ü aus zwei Unicode Zeichen bestehen können, der .-Operation kann deshalb zu Problemen führen
- ▶ \X für alle Zeichen inklusive Zeilenumbrüche in Unicode
- ▶ Unicode ist in 156 Blöcke aufgeteilt. zB Kyrillisch (U+0400...U+04FF)
- ▶ Mit \p{Cyrillic} kann ein Zeichen des kyrillischen Alphabet referenziert werden

# Weitere Funktionen

IF/ELSE Konstrukt	Falls die referenzierte Capture Group existiert wird der if-Teil gematcht ansonsten der else-Teil	(regex)?(? (1)foo bar)
Rekursion	Rekursion (~Kopie) des gesamten Musters	L(?R)R
Atomic Grouping	Hauptsächlich aus Performanzgründen. Backtracking wird verhindert	a(?>bc b)c

# Check beim Erstellen von Regular Expression

---

- ▶ A (Anker): Können Anker oder Wortgrenzen gesetzt werden?
- ▶ G (Greedy): Greedy vs. Lazy Quantifier
- ▶ R (Repeat): Gibt es Teile des Musters die sich wiederholen und präziser beschrieben werden können?
- ▶ A (Atomic): Atomare oder possessive Quantifier verwenden?

# Erstellung von Regular Expressions

---

- ▶ Verwenden eines Emulators zum testen
  - ▶ <https://regex101.com/>
- ▶ So spezifisch wie möglich vs. so Allgemein wie möglich
- ▶ Wartbarkeit/Lesbarkeit vs Präzision
- ▶ Quellcodeformatierung (ja/nein)
- ▶ Kommentare zum Verständnis (ja/nein)
- ▶ Nach Ideen/Vorschlägen bei Google suchen

# Wichtige Fragen

---

- ▶ Wer ist für die Wartung der Regular Expressions zuständig?
- ▶ Wann kann eine Regular Expression aufgeteilt werden?
- ▶ Wann sind die Grenzen von Regular Expressions erreicht?
- ▶ Gibt es Alternativen zu Regular Expressions?

# Quellen / Literaturtipps

---

- ▶ Link: <http://www.regular-expressions.info>
- ▶ Link: <http://www.rexegg.com>
- ▶ Buch (Einführung): Introducing Regular Expressions – Michael Fitzgerald
- ▶ Buch (Fortgeschrittene): Reguläre Ausdrücke – Jeffrey E. F. Friedel

