

Über die Operation Fortsetzung bei formalen Sprachen

Robert Hartmann

24. September 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	allgemeine Eigenschaften	3
2.1	Gilt für alle Sprachen	3
2.2	Gilt für einige Sprachen $\exists L, U, V \subseteq X^*$:	3
2.3	Gilt nicht...	3
3	Eigenschaften bei speziellen Sprachen	7
4	spezielle Sprachen	10
4.1	Regularität	10
4.2	Kontextfreiheit	10
4.3	kontextfrei	10
4.3.1	deterministisch kontextfrei	10
4.4	Entscheidbarkeit	10
5	Schlusswort	12
6	Quellen und Literatur	12

1 Einleitung

2 allgemeine Eigenschaften

2.1 Gilt für alle Sprachen

$$u \in L \rightarrow (u \triangleright L = \{u\})$$

$$L \triangleright L = L$$

$$U \triangleright L \subseteq L$$

$$L \triangleright (U \cup V) \subseteq (L \triangleright U) \cup (L \triangleright V)$$

$$L \triangleright (U \cap V) \supseteq (L \triangleright U) \cap (L \triangleright V)$$

$$(L \cup U) \triangleright V = (L \triangleright V) \cup (U \triangleright V)$$

$$(L \cap U) \triangleright V \subseteq (L \triangleright V) \cap (U \triangleright V)$$

2.2 Gilt für einige Sprachen $\exists L, U, V \subseteq X^*$:

$$L_2 \subseteq L_1 \rightarrow L_2 \triangleright W \subseteq L_1 \triangleright W$$

~~$$L_1 \subseteq L_2 \rightarrow L_1 \triangleright L_2 = L_1$$~~

$$L_1 \subseteq L_2 \rightarrow L_1 \triangleright L_2 = L_1$$

$$L_2 \subseteq L_1 \rightarrow L_1 \triangleright L_2 = L_2$$

$$L \triangleright (U \cdot V) = (L \triangleright U) \cdot (L \triangleright V)$$

$$L \triangleright (U \cdot V) \supset (L \triangleright U) \cdot (L \triangleright V)$$

2.3 Gilt nicht...

$$L \triangleright (U \cup V) \supset (L \triangleright U) \cup (L \triangleright V)$$

$$L \triangleright (U \cap V) \subset (L \triangleright U) \cap (L \triangleright V)$$

$$L \triangleright (U \cdot V) \subset (L \triangleright U) \cdot (L \triangleright V)$$

$$(L \cap U) \triangleright V \supset (L \triangleright V) \cap (U \triangleright V)$$

$$L \triangleright (U \cup V) \subset (L \triangleright U) \cup (L \triangleright V)$$

$$L = \{a, b\} U = \{aaa\} V = \{bb, aa\}$$

$$L \triangleright (U \cup V) = (L \triangleright U) \cup (L \triangleright V)$$

$$L = \{a, b\} U = \{aaa\} V = \{aaa\}$$

$$L \triangleright (U \cap V) \supset (L \triangleright U) \cap (L \triangleright V)$$

$$L = \{a, b\} U = \{aaa, b, bb\} V = \{bb, aaa\}$$

$$L \triangleright (U \cap V) = (L \triangleright U) \cap (L \triangleright V)$$

$$L = \{a\} U = \{aaa\} V = \{aaa\}$$

$$(L \cap U) \triangleright V \subset (L \triangleright V) \cap (U \triangleright V)$$

$$L = \{aa, bb\} U = \{aa, b\} V = \{aa, bb\}$$

$$(L \cap U) \triangleright V = (L \triangleright V) \cap (U \triangleright V)$$

$$L = \{aaa\} U = \{aaa\} V = \{aaa\}$$

$$L \triangleright (U \cup V) \not\supset (L \triangleright U) \cup (L \triangleright V),$$

$$\text{Gegenbeispiel: } L = \{a\} \quad U = \{abb, aaba\} \quad V = \{aab, aba\}$$

$$L \triangleright (U \cup V) = \{abb, aba, aab\}, \text{ aber } L \triangleright U \cup L \triangleright V = \{abb, aaba\} \cup \{aab, aba\} = \{abb, aaba, aab, aba\}$$

$$L \triangleright (U \cap V) \not\subset (L \triangleright U) \cap (L \triangleright V),$$

$$\text{Gegenbeispiel: } L = \{a, b\} \quad U = \{a, aa\} \quad V = \{aa, b\}$$

$$L \triangleright (U \cap V) = \{aa\}, \text{ aber } L \triangleright U \cap L \triangleright V = \{a\} \cap \{b\} = \emptyset$$

$$L \triangleright (U \cdot V) = (L \triangleright U) \cdot (L \triangleright V),$$

$$\text{Beispiel: } L = \{e\} \quad U = \{a\} \quad V = \{b\}$$

$$L \triangleright (U \cdot V) \supset (L \triangleright U) \cdot (L \triangleright V),$$

$$\text{Beispiel: } L = \{a\} \quad U = \{aa\} \quad V = \{b, a\}$$

$$(L_1 \triangleright L_2) \triangleright L_3 \not\supseteq L_1 \triangleright (L_2 \triangleright L_3)$$

$$\text{Gegenbeispiel: } L_1 = \{ab, aa\} \quad L_2 = \{a, ab\} \quad L_3 = \{aa\}$$

$$(L_1 \triangleright L_2) \triangleright L_3 = \{ab\} \triangleright \{aa\} = \emptyset, \text{ aber } \{ab, aa\} \triangleright \{aa\} = \{aa\}$$

Lemma: $\min(A \cup B) \subseteq \min A \cup \min B$

$$\begin{aligned}
L \triangleright (W \cup V) &= \bigcup_{l \in L} l \triangleright (W \cup V) \\
&= \bigcup_{l \in L} \min(l \cdot X^* \cap (W \cup V)) \\
&= \bigcup_{l \in L} \min((l \cdot X^* \cap W) \cup (l \cdot X^* \cap V)) \\
&\subseteq \bigcup_{l \in L} (\min(l \cdot X^* \cap W) \cup \min(l \cdot X^* \cap V)) \\
&= \bigcup_{l \in L} \min(l \cdot X^* \cap W) \cup \bigcup_{l \in L} \min(l \cdot X^* \cap V) \\
&= (L \triangleright W) \cup (L \triangleright V)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(L \cup U) \triangleright V &= \bigcup_{l \in L \cup U} \min(l \cdot X^* \cap V) \\
&= \bigcup_{l \in L} \min(l \cdot X^* \cap V) \cup \bigcup_{l \in U} \min(l \cdot X^* \cap V) \\
&= (L \triangleright V) \cup (U \triangleright V)
\end{aligned}$$

3 Eigenschaften bei speziellen Sprachen

$$\text{pref}(V) \triangleright W$$

$$\forall W \forall V (w \in W \wedge v \in V \wedge w_0 \neq v_0 \rightarrow \text{pref}(V) \triangleright W = \emptyset)$$

$$W \triangleright \text{pref}(V)$$

$$\bigcup_{w \in W} \min_{\sqsubseteq} \{v : v \in \text{pref}(V) \wedge w \sqsubseteq v\}$$

$$v \in \text{pref}(V) \wedge w \sqsubseteq v \rightarrow w \in \text{pref}(V)$$

$$V \cdot X^* \triangleright W$$

$$\bigcup_{v \in V X^*} \min_{\sqsubseteq} \{w : w \in W \wedge v \sqsubseteq w\}$$

$$w \in W \wedge v \sqsubseteq w = v' \sqsubseteq v \sqsubseteq w \wedge v' \in V \rightarrow v' \sqsubseteq w$$

$$= \bigcup_{v \in V} \{w : w \in W \wedge v \sqsubseteq w\}$$

$$W \triangleright V \cdot X^*$$

$$1.\text{Fall: } w \in W \wedge v \in V \wedge w \sqsubseteq v \rightarrow v \in W \triangleright V \cdot X^*$$

$$2.\text{Fall: } w \in W \wedge v \in V \wedge v \sqsubseteq w \rightarrow w \in W \triangleright V \cdot X^*$$

$$\rightarrow W \triangleright V \cdot X^* = \{v : v \in V \wedge w \in W \wedge w \sqsubseteq v\} \cup \{w : w \in W \wedge v \in V \wedge v \sqsubseteq w\}$$

$$V = \{v : \forall w (w \in W \rightarrow w \not\sqsubseteq v)\} \quad \text{pref}(V) = \{u : \exists v (u \sqsubseteq v \wedge v \in V)\}$$

$$W \triangleright V = \emptyset$$

$$W \triangleright \text{pref}(V) = \emptyset$$

$$W \cdot X^* \triangleright V = \emptyset$$

$$W \cdot X^* \triangleright \text{pref}(V) = \emptyset$$

$$\text{pref}(V) \triangleright W \cdot X^* =$$

$$W \triangleright V = \bigcup_{x \in W} x \triangleright V = \bigcup_{\sqsubseteq} \min\{v : v \in V \wedge x \sqsubseteq v\}$$

Wegen $x \in W$ und $x \sqsubseteq v$ gilt $\{v : v \in V \wedge x \sqsubseteq v\} = \emptyset \Rightarrow \bigcup \min_{\sqsubseteq} \{v : v \in V \wedge x \sqsubseteq v\} = \emptyset$

$$W \cdot X^* \triangleright V = \bigcup_{x \in W \cdot X^*} x \triangleright V = \bigcup_{x \in W \cdot X^*} \min_{\sqsubseteq} \{v : v \in V \wedge x \sqsubseteq v\} = \emptyset$$

Begründung analog Fall $W \triangleright V$

$$W \triangleright \text{pref}(V) = \bigcup_{w \in W} w \triangleright \text{pref}(V) = \bigcup_{w \in W} \{v : v \in \text{pref}(V) \wedge w \sqsubseteq v\} = \emptyset$$

$w \sqsubseteq v$ ist nie erfüllt. Angenommen $v \in \text{pref}(V) \wedge w \sqsubseteq v$, dann kann man v wie folgt verlängern $v' = v \cdot v''$ mit $v' \in V$, dann wäre $v' = w \cdot w' \cdot v''$ mit $w \cdot w' = v$. Dadurch gilt aber $v' \in V \wedge w \sqsubseteq v' \wedge w \in W \Rightarrow$ Widerspruch zur Definition.

$$\text{pref}(V) \triangleright W \cdot X^* = \bigcup_{u \in \text{pref}(V)} u \triangleright W \cdot X^* = \bigcup_{u \in \text{pref}(V)} \min_{\sqsubseteq} \{w : w \in W \cdot X^* \wedge u \sqsubseteq w\}$$

$$= \bigcup_{u \in \text{pref}(V)} \min(W \cdot X^* \cap u \cdot X^*) = \bigcup_{u \in \text{pref}(V)} \min(\{w : w \in W \wedge u \sqsubseteq w\})$$

$$W \cdot X^* \triangleright \text{pref}(V) = \bigcup_{u \in W \cdot X^*} u \triangleright \text{pref}(V) = \bigcup_{u \in W \cdot X^*} \min_{\sqsubseteq} \{w : w \in \text{pref}(V) \wedge u \sqsubseteq w\}$$

$$= \bigcup_{u \in W \cdot X^*} \min(\text{pref}(V) \cap u \cdot X^*)$$

$\text{pref}(V) \cap u \cdot X^* = \emptyset$, Begründung siehe oben $\Rightarrow \bigcup_{u \in W \cdot X^*} \min(\emptyset) = \emptyset$

4 spezielle Sprachen

4.1 Regularität

Seien L und W regulär, so ist auch $L \triangleright W$ regulär.

Automat $A_L = (X, Z, z_0, \delta_L, Z_f)$ akzeptiere L , Automat $A_W = (X, S, s_0, f, S_f)$ akzeptiere W . Automat A akzeptiert $L \triangleright W$,

Vorgehensweise:

A_L und A_W lesen das Wort w parallel. A_L akzeptiert und A wählt nicht-deterministisch aus ob Schritt 2 aktiviert wird oder nicht. Schritt 2: A_W liest das Wort w zu Ende, sollte A_W auf diesem Weg kein Mal oder mehr als einmal akzeptieren, so akzeptiert A nicht, ansonsten akzeptiert A .

$A = (X, Z \cup \{z'_f\} \times S \cup \{s_x\}, (z_0, s_0), \delta, \{(z'_f, s') : s' \in S_f\})$ mit

$$\begin{aligned} \delta = & \{((z_i, s_i), x, (z_j, s_j)) : (z_i, x, z_j) \in \delta_L \wedge f(s_i, x) = s_j\} \cup \\ & \{((z_i, s_i), x, (z'_f, s_j)) : (z_i, x, z'_f) \in \delta_L \wedge z'_f \in Z_f \wedge f(s_i, x) = s_j\} \cup \\ & \{((z'_f, s_i), x, (z'_f, s_j)) : f(s_i, x) = s_j \wedge s_i \notin S_f\} \cup \\ & \{((z'_f, s_i), x, (z'_f, s_x)) : f(s_i, x) = s_j \wedge s_i \in S_f\} \end{aligned}$$

4.2 Kontextfreiheit

4.3 kontextfrei

4.3.1 deterministisch kontextfrei

Es existieren deterministisch kontextfreie Sprachen L, W , sodass $L \triangleright W$ nicht deterministisch kontextfrei ist!

$$L = \{a^n b^n c^i : i, n > 0\} \quad W = \{a^i b^n c^n : i, n > 0\}$$

So ist

$$L \triangleright W = \bigcup_{l \in L} \min_{\sqsubseteq} \{w : w \in W \wedge l \sqsubseteq w\} = \{a^n b^n c^n : n > 0\} = U$$

Und von U wissen wir, dass es nicht kontextfrei, also auch nicht deterministisch kontextfrei ist.

4.4 Entscheidbarkeit

Seien L und W (Turing)entscheidbar, so ist auch $L \triangleright W$ entscheidbar.

Seien die Turing Maschinen T_L und T_W .

Die Turing Maschine T entscheidet $L \triangleright W$ nach folgendem Algorithmus:

Algorithm 1 verfeinere(Menge X,int stufe)

if ($w \in W \wedge w \in L$) **then**

T accepts

end if

$w' = w$

if ($w \in W$) **then**

return false

end if

repeat

$w' \leftarrow cut(w')$

if ($w' \in W$) **then**

T rejects

end if

if ($w' \in L$) **then**

T accepts

end if

until ($w' == e$)

T rejects

5 Schlusswort

6 Quellen und Literatur