

## Übungsblatt 10

**Aufgabe 1** Sei  $G = (\{E, C, F\}, \{a, +, \langle, \rangle\}, P, E)$ , wobei  $P$  gegeben ist durch:

$$\begin{aligned} E &\rightarrow FC \\ C &\rightarrow +FC \mid \varepsilon \\ F &\rightarrow \langle E \rangle \mid a \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Vorausschautabelle für  $k = 1$ . Es genügt, wenn Sie die erreichbaren Zustände angeben. Sie können verwenden, dass

$$\begin{aligned} \text{First}_1(E) &= \text{First}_1(F) = \{a, \langle\} \text{ und} \\ \text{First}_1(C) &= \{\varepsilon, +\}. \end{aligned}$$

**Lösung:**

	$a$	$+$	$\langle$	$\rangle$	$\varepsilon$
$[E' \rightarrow \bullet E, \{\varepsilon\}]$	$E \rightarrow FC$		$E \rightarrow FC$		
$[E \rightarrow \bullet FC, \{\varepsilon\}]$	$F \rightarrow a$		$F \rightarrow \langle E \rangle$		
$[E \rightarrow F \bullet C, \{\varepsilon\}]$		$C \rightarrow +FC$			$C \rightarrow \varepsilon$
$[F \rightarrow \langle \bullet E \rangle, \{+, \varepsilon\}]$	$E \rightarrow FC$		$E \rightarrow FC$		
$[C \rightarrow + \bullet FC, \{\varepsilon\}]$	$F \rightarrow a$		$F \rightarrow \langle E \rangle$		
$[C \rightarrow + F \bullet C, \{\varepsilon\}]$		$C \rightarrow +FC$			$C \rightarrow \varepsilon$
$[E \rightarrow \bullet FC, \{\}]$	$F \rightarrow a$		$F \rightarrow \langle E \rangle$		
$[E \rightarrow F \bullet C, \{\}]$		$C \rightarrow +FC$		$C \rightarrow \varepsilon$	
$[F \rightarrow \langle \bullet E \rangle, \{+, \varepsilon\}]$	$E \rightarrow FC$		$E \rightarrow FC$		
$[C \rightarrow + \bullet FC, \{\}]$	$F \rightarrow a$		$F \rightarrow \langle E \rangle$		
$[C \rightarrow + F \bullet C, \{\}]$		$C \rightarrow +FC$		$C \rightarrow \varepsilon$	

Achtung: Die Tabelle kann für unerreichbare Zustände mehrere Einträge haben, obwohl die Grammatik LL(1) ist, zum Beispiel

$$M([E \rightarrow F \bullet C, \{+\}], +) = \{C \rightarrow \varepsilon, C \rightarrow +FC\}.$$

Aber: Ein Lookahead von  $+$  ist bei  $E$  nicht möglich, denn  $+\notin \text{Follow}_1(E)$ .

**Aufgabe 2** Sei  $G = (\{S, F\}, \{a, +, \langle, \rangle\}, P, S)$ , wobei  $P$  gegeben ist durch:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow F \mid \langle S+F \rangle \\ F &\rightarrow a \end{aligned}$$

(a) Berechnen Sie  $\text{First}_1$  für jedes Nichtterminal.

**Lösung:**

Das Ungleichungssystem ist

$$\begin{aligned}\text{First}_1(S) &\supseteq \text{First}_1(F) \cup \text{First}_1(\langle S+F \rangle), \\ \text{First}_1(F) &\supseteq \text{First}_1(a).\end{aligned}$$

Wir starten mit  $\text{First}_1(S) \supseteq \emptyset$  und  $\text{First}_1(F) \supseteq \emptyset$ , also

$$\begin{aligned}\text{First}_1(S) &\supseteq \emptyset \cup (\{\langle \rangle \odot_1 \emptyset \odot_1 \{+\} \odot_1 \emptyset \odot_1 \langle \rangle\}) \\ &= \emptyset, \\ \text{First}_1(F) &\supseteq \{a\}.\end{aligned}$$

Wir haben also  $\text{First}_1(S) \supseteq \emptyset$  und  $\text{First}_1(F) \supseteq \{a\}$  und erhalten

$$\begin{aligned}\text{First}_1(S) &\supseteq \{a\} \cup (\{\langle \rangle \odot_1 \emptyset \odot_1 \{+\} \odot_1 \{a\} \odot_1 \langle \rangle\}) \\ &= \{a\}, \\ \text{First}_1(F) &\supseteq \{a\}.\end{aligned}$$

Wir haben also  $\text{First}_1(S) \supseteq \{a\}$  und  $\text{First}_1(F) \supseteq \{a\}$  und erhalten

$$\begin{aligned}\text{First}_1(S) &\supseteq \{a\} \cup (\{\langle \rangle \odot_1 \{a\} \odot_1 \{+\} \odot_1 \{a\} \odot_1 \langle \rangle\}) \\ &= \{a, \langle \rangle\}, \\ \text{First}_1(F) &\supseteq \{a\}.\end{aligned}$$

Wir haben also  $\text{First}_1(S) \supseteq \{a, \langle \rangle$  und  $\text{First}_1(F) \supseteq \{a\}$  und erhalten

$$\begin{aligned}\text{First}_1(S) &\supseteq \{a\} \cup (\{\langle \rangle \odot_1 \langle a \rangle \odot_1 \{+\} \odot_1 \{a\} \odot_1 \langle \rangle\}) \\ &= \{a, \langle \rangle\}, \\ \text{First}_1(F) &\supseteq \{a\}.\end{aligned}$$

Da wir wieder  $\text{First}_1(S) \supseteq \{a, \langle \rangle$  und  $\text{First}_1(F) \supseteq \{a\}$  erhalten haben, gilt  $\text{First}_1(S) = \{a, \langle \rangle$  und  $\text{First}_1(F) = \{a\}$ .

(b) Geben Sie alle erreichbaren Expansionsübergänge des erweiterten Itemkellerautomaten für  $k = 1$  an.

**Lösung:**

$$\begin{array}{l}
([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}], \varepsilon, [S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \bullet F, \{\varepsilon\}]) \\
([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}], \varepsilon, [S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{\varepsilon\}]) \\
\hline
([S \rightarrow \bullet F, \{\varepsilon\}], \varepsilon, [S \rightarrow \bullet F, \{\varepsilon\}][F \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon\}]) \\
([S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{\varepsilon\}], \varepsilon, [S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \bullet F, \{+\}]) \\
([S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{\varepsilon\}], \varepsilon, [S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{+\}]) \\
([S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{\varepsilon\}], \varepsilon, [S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{\varepsilon\}][F \rightarrow \bullet a, \{\}]) \\
\hline
([S \rightarrow \bullet F, \{+\}], \varepsilon, [S \rightarrow \bullet F, \{+\}][F \rightarrow \bullet a, \{+\}]) \\
([S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{+\}], \varepsilon, [S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{+\}][S \rightarrow \bullet F, \{+\}]) \\
([S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{+\}], \varepsilon, [S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{+\}][S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{+\}]) \\
([S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{+\}], \varepsilon, [S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{+\}][F \rightarrow \bullet a, \{\}]) \\
\hline
\end{array}$$

- (c) Geben Sie die Vorausschautabelle für  $k = 1$  an. Es genügt, die erreichbaren Zustände anzugeben.

**Lösung:**

	$a$	$+$	$\langle$	$\rangle$	$\varepsilon$
$[S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}]$	$S \rightarrow F$		$S \rightarrow \langle S+F \rangle$		
$[S \rightarrow \bullet F, \{\varepsilon\}]$	$F \rightarrow a$				
$[S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{\varepsilon\}]$	$S \rightarrow F$		$S \rightarrow \langle S+F \rangle$		
$[S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{\varepsilon\}]$	$F \rightarrow a$				
$[S \rightarrow \bullet F, \{+\}]$	$F \rightarrow a$				
$[S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{+\}]$	$S \rightarrow F$		$S \rightarrow \langle S+F \rangle$		
$[S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{+\}]$	$F \rightarrow a$				

- (d) Verwenden Sie die Vorausschautabelle, um eine akzeptierende Konfigurationsfolge für  $\langle a+a \rangle$  anzugeben.

**Lösung:**

Wir starten mit  $([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}], \langle a+a \rangle)$ . Für das Item  $[S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}]$  und das nächste Eingabesymbol  $\langle$  steht in der Vorausschautabelle, dass wir die Regel  $S \rightarrow \langle S+F \rangle$  anwenden müssen. Dies entspricht einem Übergang zu

$$([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \bullet \langle S+F \rangle, \{\varepsilon\}], \langle a+a \rangle).$$

Mit einem Shift-Übergang erhalten wir

$$([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle \bullet S+F \rangle, \{\varepsilon\}], a+a)).$$

Für das Item  $[S \rightarrow \langle \bullet S+F \rangle, \{\varepsilon\}]$  und das nächste Eingabesymbol  $a$  müssen wir die Regel  $S \rightarrow F$  anwenden. Dies entspricht einem Übergang zu

$$([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle \bullet S+F \rangle, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \bullet F, \{+\}], a+a)).$$

Für das Item  $[S \rightarrow \bullet F, \{+\}]$  und das nächste Eingabesymbol  $a$  müssen wir die Regel  $F \rightarrow a$  anwenden. Dies entspricht einem Übergang zu

$$([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle \bullet S+F \rangle, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \bullet F, \{+\}][F \rightarrow \bullet a, \{+\}], a+a)).$$

Dann geht es weiter mit

$$\begin{aligned} & ([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle \bullet S+F \rangle, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \bullet F, \{+\}][F \rightarrow a\bullet, \{+\}], +a)) \\ & \vdash ([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle \bullet S+F \rangle, \{\varepsilon\}][S \rightarrow F\bullet, \{+\}], +a)) \\ & \vdash ([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle S\bullet+F \rangle, \{\varepsilon\}], +a)) \\ & \vdash ([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{\varepsilon\}], a)). \end{aligned}$$

Für das Item  $[S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{\varepsilon\}]$  und das nächste Eingabesymbol  $a$  müssen wir die Regel  $F \rightarrow a$  anwenden. Dies entspricht einem Übergang zu

$$([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{\varepsilon\}][F \rightarrow \bullet a, \{\}], a)).$$

Dann geht es weiter mit

$$\begin{aligned} & ([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle S+\bullet F \rangle, \{\varepsilon\}][F \rightarrow a\bullet, \{\}], ) \\ & \vdash ([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle S+F\bullet \rangle, \{\varepsilon\}], ) \\ & \vdash ([S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}][S \rightarrow \langle S+F \rangle\bullet, \{\varepsilon\}], \varepsilon) \\ & \vdash ([S' \rightarrow S\bullet, \{\varepsilon\}], \varepsilon). \end{aligned}$$