3. Übungsblatt (mit Lösungen)

3.0 VU Formale Modellierung

Gernot Salzer, Marion Scholz

16. Jänner 2018

Aufgabe 1 (2 Punkte)

Bunny Banana ist der Teenie-Pop-Star im Biberland. Alle jungen Biber würden gerne so singen wie Bunny. Bunny Banana erklärt den Fans, wie die Lieder gemacht sind:

- Es gibt die drei Silben „`da`“, „`la`“ und „`nu`“.
- Jeder Vers besteht aus einer ungeraden Anzahl von Silben, wobei der mittleren Silbe ein „`p di`“ angehängt wird. Beispiel: `da lap di la`
- Ein Lied besteht aus einem oder mehreren Versen. Wenn ein Lied mehrere Verse hat, darf es mit „`yeah`“ enden, muss aber nicht.

(a) Spezifizieren Sie die Sprache $\mathcal{L}$ dieser Liedtexte mit Hilfe einer kontextfreien Grammatik. Verwenden Sie EBNF-Notationen, um die Grammatik übersichtlich zu strukturieren.

(b) Wir ändern den zweiten Punkt der Beschreibung wie folgt ab: Ein Vers besteht aus einer ungeraden Anzahl der *gleichen* Silben, wobei der mittleren Silbe ein „`p di`“ angehängt wird. Beispiel: `da dap di da`

Passt die zuvor spezifizierte Grammatik immer noch? Falls nein, erklären Sie warum nicht und verändern Sie die Grammatik entsprechend.

Lösung

(a) Die Liedsprache $\mathcal{L}$ wird durch die Grammatik $\langle N, T, P, \mathit{Lied}\rangle$ beschrieben, wobei

$$\begin{aligned}
N &= \{\mathit{Lied}, \mathit{Vers}, \mathit{Silbe}\},\\
T &= \{\cdots \textit{alle Zeichen in den Produktionen zwischen Anführungszeichen} \cdots\},\\
P &= \{\ \mathit{Lied} \to \mathit{Vers} \mid \mathit{Vers}\, \texttt{"␣"}\, \mathit{Vers}\, \{\texttt{"␣"}\ \mathit{Vers}\}[\texttt{"␣yeah"}]\ ,\\
&\qquad \mathit{Vers} \to \mathit{Silbe}\, \texttt{"p␣di"} \mid \mathit{Silbe}\, \texttt{"␣"}\, \mathit{Vers}\, \texttt{"␣"}\, \mathit{Silbe}\ ,\\
&\qquad \mathit{Silbe} \to \texttt{"da"} \mid \texttt{"la"} \mid \texttt{"nu"}\ \}.
\end{aligned}$$

(b) Bei der ersten Teilaufgabe ist es möglich, dass innerhalb eines Verses verschiedene Silben vorkommen, da nicht garantiert werden kann, dass *Silbe* stets auf die gleiche Silbe abgeleitet wird. Daher muss die Grammatik für die neue Aufgabenstellung modifiziert werden: Die Liedsprache $\mathcal{L}'$ wird durch die Grammatik $\langle N, T, P, \mathit{Lied} \rangle$ beschrieben, wobei

$$\begin{aligned}
N &= \{\mathit{Lied}, \mathit{Vers}, \mathit{Vda}, \mathit{Vla}, \mathit{Vnu}\}, \\
T &= \{\cdots \textit{alle Zeichen in den Produktionen zwischen Anführungszeichen} \cdots\}, \\
P &= \{\ \mathit{Lied} \to \mathit{Vers} \mid \mathit{Vers}\,\texttt{"␣"}\,\mathit{Vers}\,\{\texttt{"␣"}\,\mathit{Vers}\}[\texttt{"␣yeah"}]\ , \\
&\qquad \mathit{Vers} \to \mathit{Vda} \mid \mathit{Vla} \mid \mathit{Vnu}\ , \\
&\qquad \mathit{Vda} \to \texttt{"dap␣di"} \mid \texttt{"da␣"}\,\mathit{Vda}\,\texttt{"␣da"}\ , \\
&\qquad \mathit{Vla} \to \texttt{"lap␣di"} \mid \texttt{"la␣"}\,\mathit{Vla}\,\texttt{"␣la"}\ , \\
&\qquad \mathit{Vnu} \to \texttt{"nup␣di"} \mid \texttt{"nu␣"}\,\mathit{Vnu}\,\texttt{"␣nu"}\ \}.
\end{aligned}$$

(Diese Aufgabe wurde von den Unterrichtsmaterialien von Horst Gierhardt am Gymnasium Bad Laasphe inspiriert.[1])

Aufgabe 2 (7 Punkte)

Im Mathematikunterricht in Ipogesien hört man immer wieder Wörter, die sich durch die Grammatik $G = \langle V, T, P, A \rangle$ beschreiben lassen, wobei

$$\begin{aligned}
V &= \{A, B, C\} \\
T &= \{\texttt{g}, \texttt{i}, \texttt{p}, \texttt{s}\} \\
P &= \{A \to \texttt{"i"}\,B\,\texttt{"i"}\ , \\
&\qquad B \to \texttt{"si"}\,B\,\texttt{"is"} \mid \texttt{"pi"}\,C\,\texttt{"is"}\ , \\
&\qquad C \to \texttt{"si"}\,C\,\texttt{"is"} \mid \texttt{"g"}\}.
\end{aligned}$$

Überprüfen Sie für die nachfolgenden Wörter, ob sie in der von der Grammatik G spezifizierten Sprache $\mathcal{L}(G)$ liegen. Falls ja, geben Sie eine Ableitung an. Falls nein, argumentieren Sie, warum nicht.

(a) `isipisigisisisi`

(b) `isipigisi`

Sind folgende Aussagen wahr oder falsch? Begründen Sie Ihre Antwort!

(c) Die Anzahl der `i`'s in jedem Wort der Sprache ist gerade.

(d) Jedes Wort enthält mindestens so viele `is` wie `pi`.

(e) Jedes Wort enthält mindestens ein `g`.

Überlegen Sie weiters:

[1] `http://www.gierhardt.de/`

(f) Wie lautet das kürzeste Wort der Sprache?

(g) Ist es möglich, die Sprache $\mathcal{L}(G)$ auch durch einen endlichen Automaten zu beschreiben? Falls ja, geben Sie einen derartigen Automaten an. Falls nein, begründen Sie, warum das nicht geht.

Für Knobelfreudige: Wie lassen sich die Wörter der Sprache $\mathcal{L}(G)$ interpretieren? (Fassen Sie die Wörter als Rechenaufgaben auf.)

Lösung

(a) Ja, das Wort liegt in der Sprache $\mathcal{L}(G)$.

$$\begin{aligned} A &\Rightarrow \texttt{"i"}\, B\, \texttt{"i"} \\ &\Rightarrow \texttt{"isi"}\, B\, \texttt{"isi"} \\ &\Rightarrow \texttt{"isipi"}\, C\, \texttt{"isisi"} \\ &\Rightarrow \texttt{"isipisi"}\, C\, \texttt{"isisisi"} \\ &\Rightarrow \texttt{"isipisigisisisi"} \end{aligned}$$

(b) Die Anzahl der Vorkommen des Symbols `i` in jedem Wort der Sprache $\mathcal{L}(G)$ ist gerade (siehe nächste Teilaufgabe). Da das vorliegende Wort fünf Vorkommen von `i` enthält, kann es nicht in $\mathcal{L}(G)$ liegen.

(c) Ja. Alle Produktionen, in denen `i` vorkommt, führen `i` paarweise ein, die Anzahl dieses Symbols muss daher gerade sein.

(d) Ja. Die Zeichenfolge `pi` wird nur durch die Produktion $B \to \texttt{"pi"}\, C\, \texttt{"is"}$ erzeugt (keine andere Produktion erzeugt das Symbol `p`). Diese erzeugt aber immer auch die Folge `is`.

(e) Ja. Jedes Wort enthält ein einziges `g`, das durch die Produktion $C \to \texttt{"g"}$ erzeugt wird, die im letzten Schritt der Ableitung jedes Wortes zur Anwendung kommt.

(f) `ipigisi`

(g) Nein, die Sprache $\mathcal{L}(G)$ kann nicht durch einen endlichen Automaten beschrieben werden. Die Anzahl der `i`'s links und rechts vom `g` muss gleich groß sein, somit müsste sich der endliche Automat die Zahl der `i`'s in seinen Zuständen merken. Da diese Zahl nicht begrenzt werden kann, reicht eine endliche Zahl von Zuständen nicht aus.

Eine mögliche Interpretation der Sprache: Eine `isi`-Folge stellt eine natürliche Zahl dar, wobei die Anzahl der `i`'s die Zahl ergibt; `isisi` steht z.B. für die Zahl 3. `p` steht für +, das Symbol `g` für =. `isisipigisisisi` hätte demnach die Bedeutung $3 + 1 = 4$, `isipisigisi` die Bedeutung $2+2 = 2$. (Diese Aufgabe wurde von Unterrichtsmaterialien der Website „inf-schule“ inspiriert.[2])

[2] `http://www.inf-schule.de/sprachen/sprachenundautomaten/formalesprachen/beispiel_sprachenraetsel`

Aufgabe 3 (2 Punkte)

Brüche können im Textsatzsystem LaTeX mit dem Befehl

`\frac{`*Zaehler*`}{`*Nenner*`}`

dargestellt werden. Für diese Aufgabe nehmen wir an, dass *Zaehler* und *Nenner* nur ganze Zahlen, weitere Brüche sowie Summen und Differenzen solcher Zahlen und Brüche sein können. Der gesamte Ausdruck muss entweder zwischen `\(` und `\)` oder zwischen `\[` und `\]` gestellt werden, damit LaTeX weiß, ob der Bruch im Fließtext oder auf einer eigenen Zeile gesetzt werden soll.
Einige Beispiele für derartige Brüche mit dem entsprechenden LaTeX-Code (wobei allerdings der Unterschied zwischen Fließtext und eigener Zeile, also zwischen `\(` ··· `\)` und `\[` ··· `\]` nicht sichtbar ist):

$\frac{5}{2}$	`\(\frac{5}{2}\)`
$\frac{7}{8-2}$	`\[\frac{7}{8-2}\]`
$\frac{\frac{1}{2+5}-1}{1+\frac{1}{25-6}}$	`\[\frac{\frac{1}{2+5}-1}{1+\frac{1}{25-6}}\]`
$\frac{15}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1+3}}}$	`\(\frac{15}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1+3}}}\)`

Sei $\mathcal{B}$ die Menge dieser einfachen LaTeX-Brüche. Beschreiben Sie die Sprache $\mathcal{B}$ mit Hilfe einer kontextfreien Grammatik. Verwenden Sie EBNF-Notationen, um die Grammatik übersichtlich zu strukturieren.
Handelt es sich bei $\mathcal{B}$ um eine reguläre Sprache, d.h., lässt sich diese Sprache im Prinzip auch durch einen (komplizierten) regulären Ausdruck spezifizieren? Begründen Sie Ihre Antwort.

Lösung

$\langle N, T, P, \mathit{Formel}\rangle$, wobei

$$
\begin{aligned}
N &= \{\mathit{Formel}, \mathit{Textformel}, \mathit{Absatzformel}, \mathit{Bruch}, \mathit{Ausdruck}, \mathit{ZB}, \mathit{Zahl}, \mathit{Ziffer}, \mathit{Operator}\},\\
T &= \{\cdots \textit{alle Zeichen in den Produktionen zwischen Anführungszeichen} \cdots\},\\
P &= \{ \quad \mathit{Formel} \to \mathit{Textformel} \mid \mathit{Absatzformel} \;,\\
&\qquad \mathit{Textformel} \to \texttt{"\textbackslash("}\ \mathit{Bruch}\ \texttt{"\textbackslash)"} \;,\\
&\qquad \mathit{Absatzformel} \to \texttt{"\textbackslash["}\ \mathit{Bruch}\ \texttt{"\textbackslash]"} \;,\\
&\qquad \mathit{Bruch} \to \texttt{"\textbackslash frac\{"}\ \mathit{Ausdruck}\ \texttt{"\}\{"}\ \mathit{Ausdruck}\ \texttt{"\}"} \;,\\
&\qquad \mathit{Ausdruck} \to \mathit{ZB}\ \texttt{\{}\ \mathit{Operator}\ \mathit{ZB}\ \texttt{\}} \;,\\
&\qquad \mathit{ZB} \to \mathit{Zahl} \mid \mathit{Bruch} \;,\\
&\qquad \mathit{Zahl} \to \mathit{Ziffer}\ \texttt{\{}\ \mathit{Ziffer}\ \texttt{\}} \;,\\
&\qquad \mathit{Ziffer} \to \texttt{"0"} \mid \texttt{"1"} \mid \cdots \mid \texttt{"9"} \;,\\
&\qquad \mathit{Operator} \to \texttt{"+"} \mid \texttt{"-"} \;\}.
\end{aligned}
$$

Nein, diese Sprache kann nicht durch einen regulären Ausdruck beschrieben werden, sie ist nicht regulär. Die Sprache enthält beliebig tief geschachtelte Brüche `\frac{\frac{\frac{\frac{}{}}{}}{}}{}`, bei denen die öffnenden und schließenden Klammern paarig auftreten müssen.

Aufgabe 4 (4 Punkte)

In Büchern über formale Sprachen ist folgende Definition zu finden:

> Eine *monotone Grammatik* wird durch ein 4-Tupel $G = \langle V, T, S, P \rangle$ festgelegt, wobei
>
> - V und T endliche, disjunkte Mengen von Symbolen sind ($V \cap T = \{\}$),
> - S ein Symbol aus V ist ($S \in V$) und
> - P eine endliche Menge von Paaren (x, y) ist, wobei $x, y \in (V \cup T)^+$ und $|x| \leq |y|$ gilt.[3]
>
> Die Elemente von P werden Produktionen genannt; statt $(x, y) \in P$ wird auch $x \to y$ geschrieben. Die Notation $x \to y_1 \mid \cdots \mid y_n$ ist eine Abkürzung für die Produktionen $x \to y_1, \ldots, x \to y_n$.
>
> Das Wort $u\,y\,v$ ist aus dem Wort $u\,x\,v$ in einem Schritt ableitbar, geschrieben $u\,x\,v \Rightarrow u\,y\,v$, wenn $x \to y$ gilt. Die von G generierte Sprache $\mathcal{L}(G)$ ist definiert als die Menge $\{\, w \in T^* \mid S \overset{*}{\Rightarrow} w \,\}$, wobei $\overset{*}{\Rightarrow}$ den reflexiven und transitiven Abschluss von $\Rightarrow$ bezeichnet.[4]

Überprüfen Sie, welche der folgenden Tupeln eine monotone Grammatik gemäß der obigen Definition darstellen. Begründen Sie Ihre Antwort, falls es sich um keine monotone Grammatik handelt. Entspricht das Tupel der Definition, geben Sie die Sprache an, die durch die Grammatik generiert wird.

(a) $\langle \{\mathtt{S}\}, \{\mathtt{a}, \mathtt{b}\}, \mathtt{S}, \{\mathtt{S} \to \mathtt{ab}, \mathtt{ab} \to \mathtt{aba}\} \rangle$

(b) $\langle \{\mathtt{S}, \mathtt{a}\}, \{\mathtt{b}\}, \mathtt{S}, \{\mathtt{S} \to \mathtt{ab}, \mathtt{ab} \to \mathtt{aba}\} \rangle$

(c) $\langle \{\mathtt{S}\}, \{\mathtt{a}, \mathtt{b}\}, \mathtt{S}, \{\mathtt{S} \to \mathtt{a\,S\,b} \mid \varepsilon\} \rangle$

(d) $\langle \{\mathtt{b}\}, \{\mathtt{S}, \mathtt{a}\}, \mathtt{b}, \{\mathtt{S} \to \mathtt{ab}, \mathtt{b} \to \mathtt{aba}\} \rangle$

---

[3] $|x|$ bezeichnet die Anzahl der Zeichen in x. Die Bedingung $|x| \leq |y|$ bedeutet also, dass y nicht kürzer sein darf als x.

[4] Das heißt, dass $\overset{*}{\Rightarrow}$ die kleinste Relation mit folgenden Eigenschaften ist:

- Aus $u \Rightarrow v$ folgt $u \overset{*}{\Rightarrow} v$.
- Es gilt $u \overset{*}{\Rightarrow} u$ für alle Wörter $u \in T^*$.
- Aus $u \overset{*}{\Rightarrow} v$ und $v \overset{*}{\Rightarrow} w$ folgt $u \overset{*}{\Rightarrow} w$.

Anschaulich gesprochen steht $\overset{*}{\Rightarrow}$ für die Ableitbarkeit in beliebig vielen Schritten.

Lösung

(a) Ja, es handelt sich um eine monotone Grammatik gemäß der angegebenen Definition. Die durch sie definierte Sprache ist $\{\mathtt{ab}\} \cdot \{\mathtt{a}\}^*$.

(b) Ja, es handelt sich um eine monotone Grammatik gemäß der angegebenen Definition. Allerdings ist die Sprache nun die leere Menge, da jedes ableitbare Wort das Symbol $\mathtt{a}$ enthält, das kein Terminalsymbol ist.

(c) Nein, es handelt sich um keine monotone Grammatik. Die Produktion $\mathtt{S} \to \varepsilon$ ist nicht zulässig, da $|\mathtt{S}| = 1$ und $|\varepsilon| = 0$ gilt, die rechte Seite der Produktion also kürzer als die linke ist.

(d) Ja, es handelt sich um eine monotone Grammatik gemäß der angegebenen Definition. Die dadurch definierte Sprache ist die leere Menge, da jedes ableitbare Wort das Symbol $\mathtt{b}$ enthält, das kein Terminalsymbol ist.

Aufgabe 5 (5 Punkte)

Wählen Sie geeignete Prädikaten- und Konstantensymbole und übersetzen Sie die folgenden Sätze in prädikatenlogische Formeln.

(a) Cheeta ist ein Schimpanse.

(b) Alle Schimpansen können jedes Problem lösen.

(c) Es gibt zumindest ein Problem.

(d) Cheeta bekommt eine Banane.

(e) Jeder Schimpanse, der ein Problem lösen kann, bekommt eine Banane.

Lösung

Seien *KannLoesen*/2, *Bekommt*/2, *Schimpanse*/1 und *Problem*/1 Prädikatensymbole sowie *cheeta* und *banane* Konstantensymbole mit folgender Bedeutung:

$\mathit{KannLoesen}(x,y)$	... x kann y lösen	cheeta	... Cheeta
$\mathit{Bekommt}(x,y)$	... x bekommt y	banane	... Banane
$\mathit{Schimpanse}(x)$	... x ist ein Schimpanse		
$\mathit{Problem}(x)$	... x ist Problem		

(a) $\mathit{Schimpanse}(\mathit{cheeta})$

(b) $\forall x(\mathit{Schimpanse}(x) \supset \forall y(\mathit{Problem}(y) \supset \mathit{KannLoesen}(x,y)))$ oder
$\forall x \forall y(\mathit{Schimpanse}(x) \supset (\mathit{Problem}(y) \supset \mathit{KannLoesen}(x,y)))$ oder
$\forall x \forall y\,((\mathit{Schimpanse}(x) \land \mathit{Problem}(y)) \supset \mathit{KannLoesen}(x,y))$

(c) $\exists x Problem(x)$

(d) $Bekommt(cheeta, banane)$

(e) $\forall x((Schimpanse(x) \land \exists y(Problem(y) \land KannLoesen(x, y))) \supset Bekommt(x, banane))$

Aufgabe 6 (4 Punkte)

Seien $Bewohnt/2$, $Orden/1$, $Planet/1$ und $Alt/1$ Prädikatensymbole sowie *naboo* und *alderaan* Konstantensymbole mit folgender Bedeutung:

$Orden(x)$	$\dots$ x ist ein Orden	$Alt(x)$	$\dots$ x ist alt
$Planet(x)$	$\dots$ x ist ein Planet	$Bewohnt(x, y)$	$\dots$ x bewohnt y

Sei weiters I folgende Interpretation:

$$
\begin{aligned}
\mathcal{U} &= \{\text{Jedi-Ritter}, \text{Sith}, \text{Matukai}, \text{Watto}, \text{Mustafar}, \text{Zeison-Sha}, \text{Naboo}, \text{Alderaan}, \\
&\quad \text{Bespin}, \text{Endor}\} \\
I(Orden) &= \{\text{Jedi-Ritter}, \text{Sith}, \text{Matukai}, \text{Zeison-Sha}\} \\
I(Planet) &= \{\text{Naboo}, \text{Alderaan}, \text{Bespin}, \text{Endor}\} \\
I(Alt) &= \{\text{Naboo}, \text{Alderaan}, \text{Bespin}, \text{Endor}, \text{Watto}\} \\
I(Bewohnt) &= \{(\text{Jedi-Ritter}, \text{Bespin}), (\text{Jedi-Ritter}, \text{Endor}), (\text{Sith}, \text{Endor}), \\
&\quad (\text{Zeison-Sha}, \text{Endor}), (\text{Zeison-Sha}, \text{Bespin}), \\
&\quad (\text{Matukai}, \text{Naboo}), (\text{Matukai}, \text{Alderaan})\} \\
I(naboo) &= \text{Naboo} \qquad I(alderaan) = \text{Alderaan}
\end{aligned}
$$

Übersetzen Sie die nachfolgenden Formeln in natürliche Sprache. Geben Sie an, ob die Formeln in der angegebenen Interpretation I wahr oder falsch sind. Begründen Sie Ihre Antwort; es ist keine formale Auswertung erforderlich.

(a) $\forall x\,(Alt(x) \supset Planet(x))$

(b) $\exists x\,(Bewohnt(x, naboo) \lor Bewohnt(x, alderaan))$

(c) $\forall x\,(Orden(x) \lor Planet(x) \lor Alt(x))$

(d) $\exists x \exists y\,(Orden(x) \land Planet(y) \land Bewohnt(y, x))$

Lösung

(a) Übersetzung: Alles Alte ist ein Planet.
Diese Aussage ist falsch in I, da Watto alt ist (Watto $\in I(Alt)$), er ist aber kein Planet (Watto $\notin I(Planet)$).

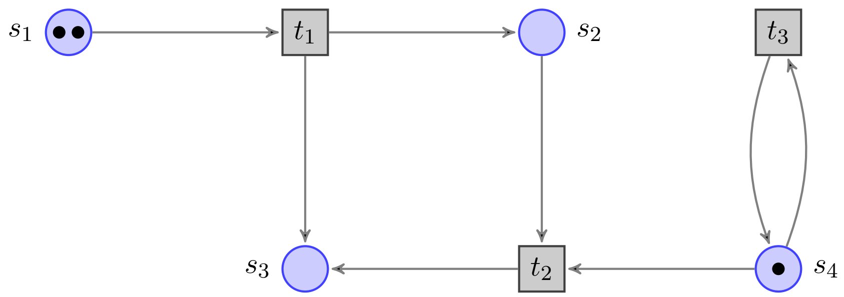
(b) Übersetzung: Es gibt etwas, das Naboo oder Alderaan bewohnt (oder sogar beide).
Diese Aussage ist wahr in I, da die Matukai beide Planeten bewohnen.

(c) Übersetzung: Alles ist ein Orden, oder ein Planet, oder alt.
Diese Aussage ist falsch in I, da Mustafar keines der drei ist.

(d) Übersetzung: Es gibt einen Planeten, der einen Orden bewohnt.
Diese Aussage ist falsch in I. Keiner der Planeten bewohnt irgendeinen Orden (es steht nie ein Element von $I(Planet)$ bei $I(Bewohnt)$ auf der linken Seite).

Aufgabe 7 (3 Punkte)

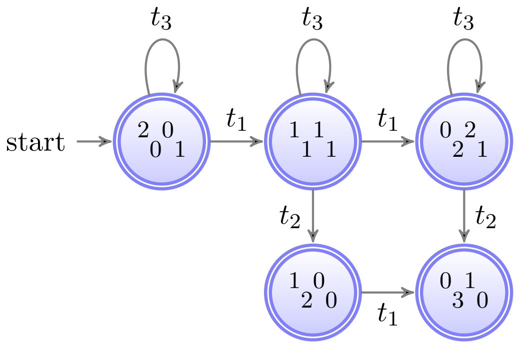
Gegeben sei das folgende Petri-Netz mit Anfangsmarkierung.



Fassen Sie die Bezeichnungen der Transitionen als Alphabet auf und die Markierungen (also die jeweiligen Belegungen der Stellen mit Marken) als Zustände. Beschreiben Sie die möglichen Reihenfolgen, in denen die Transitionen feuern und die Markierungen auftreten können, mit Hilfe eines endlichen Automaten. Der Automat soll also Wörter wie $t_1t_3t_1$ akzeptieren, weil die Transitionen in dieser Reihenfolge feuern können, nicht aber t_2t_1.

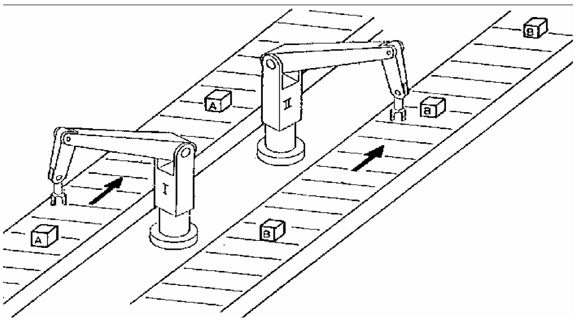
Lösung

Die Abläufe im Petrinetz lassen sich durch einen Automaten mit (in diesem Fall) endlich vielen Zuständen beschreiben. Die Markierungen bilden die Zustände, die feuernden Transitionen das Alphabet. Erhält man aus einer Markierung m durch Feuern einer Transition t eine Markierung m', dann ergibt das einen Übergang beschriftet mit t vom Zustand für m zu jenem für m'.
Wir stellen jede Markierung durch vier Zahlen ${}^{n_1}{}_{n_3}{}^{n_2}{}_{n_4}$ dar, wobei n_i die Anzahl der Marken in der Stelle s_i angibt. Die endlichen Reihenfolgen, in denen die Transitionen feuern können, entsprechen der Sprache des folgenden Automaten.



Aufgabe 8 **(3 Punkte)**

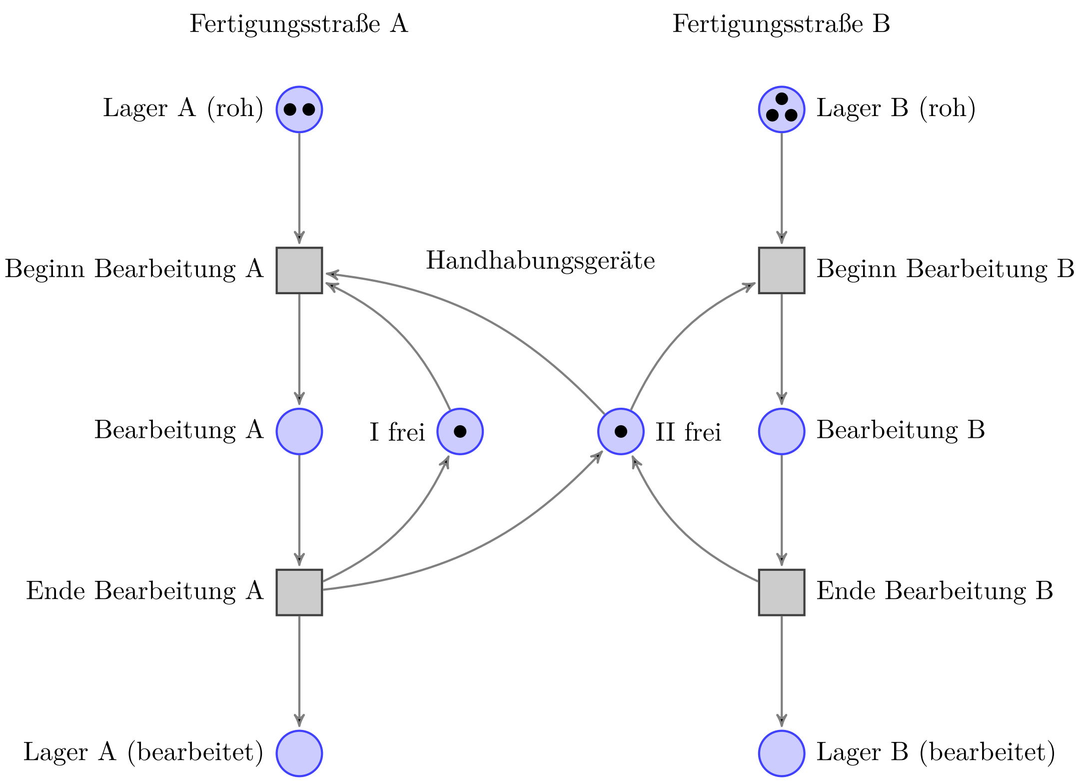
In einer Fabrik werden auf zwei Fertigungsstraßen zwei unterschiedliche Sorten von Werkstücken, A und B, bearbeitet. Es gibt zwei Handhabungsgeräte I und II. Für die Bearbeitung von Werkstücken der Sorte A werden beide Handhabungsgeräte gleichzeitig benötigt, für die Bearbeitung der Sorte B nur das Gerät II.



Modellieren Sie den beschriebenen Sachverhalt mit Hilfe eines Petri-Netzes. Gehen Sie davon aus, dass es zu Beginn zwei Werkstücke der Sorte A und drei Werkstücke der Sorte B gibt, die auf die Bearbeitung warten. Wählen Sie geeignete Bezeichnungen für die Transitionen und Stellen.[5]

[5] Aufgabe inspiriert von „Petri-Netze für Ingenieure“ von Dirk Abel

Lösung



Fertigungsstraße A
Fertigungsstraße B
Lager A (roh)
Lager B (roh)
Beginn Bearbeitung A
Handhabungsgeräte
Beginn Bearbeitung B
Bearbeitung A
I frei
II frei
Bearbeitung B
Ende Bearbeitung A
Ende Bearbeitung B
Lager A (bearbeitet)
Lager B (bearbeitet)