

PD Dr. Jan Johannsen
Elisabeth Lempa
Luca Maio

Ludwig-Maximilians-Universität München
Institut für Informatik
Besprechung 11.06.2026 bis 15.06.2026
Abgabe bis 23.06.2026, 14:00 Uhr

Übung 7 zur Vorlesung Formale Sprachen und Komplexität

Hinweis:

Die letzte Aufgabe auf diesem Blatt ist eine Aufgabe zur Klausurvorbereitung. Diese Aufgabe orientiert sich in Form und inhaltlichen Schwerpunkten an den Klausuraufgaben. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die anderen Aufgaben nicht klausurrelevant sind.

Die Lösungen der Klausurvorbereitungs-Aufgaben werden am Ende der Bearbeitungszeit gesondert veröffentlicht, aber **nicht** im Tutorium besprochen. Die Lösungen der anderen Aufgaben werden bereits zu Beginn der Bearbeitungszeit veröffentlicht und können Ihnen bei der Bearbeitung helfen.

Wenn Sie Ihre Lösung innerhalb der Bearbeitungszeit über Moodle abgeben, erhalten Sie eine individuelle Korrektur. Die Abgabe ist freiwillig (aber nachdrücklich empfohlen).

FSK7-1 Sprachen einordnen

Die formalen Sprachen L_i , $i \in \{1, \dots, 3\}$, seien definiert als

$$\begin{aligned} L_1 &:= \{ab^i \mid i \in \mathbb{N}\} \cup \{c^i a \mid i \in \mathbb{N}\} && \subseteq \{a, b, c\}^* \\ L_2 &:= \{(ab)^j \$ c^i \mid i, j \in \mathbb{N}\} && \subseteq \{a, b, c, \$\}^* \\ L_3 &:= \{(ab)^i \$ c^j \$ (ab)^i \mid j < i \text{ und } i, j \in \mathbb{N}\} && \subseteq \{a, b, c, \$\}^* \end{aligned}$$

Für die i -fache Wiederholung des Worts w schreiben wir manchmal $(w)^i$ statt nur w^i , um Anfang und Ende von w zu markieren. Die Klammern sind daher *nicht* Teil des Alphabets der jeweiligen Sprachen.

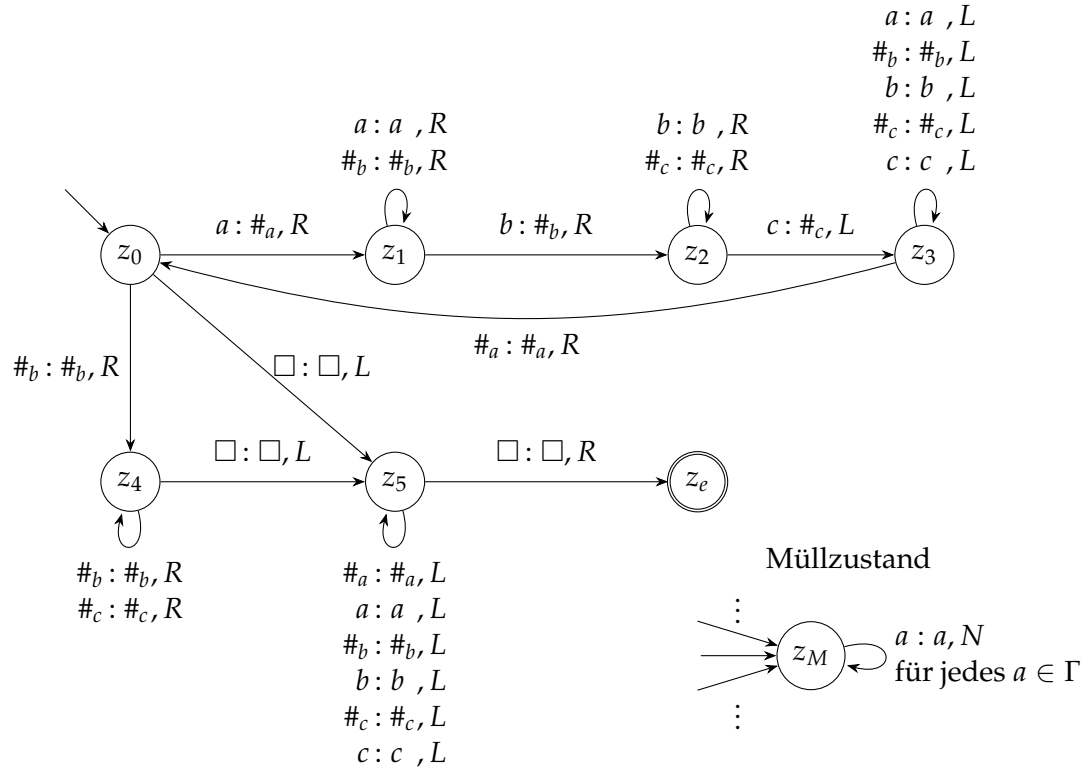
Bearbeiten Sie die folgenden Arbeitsaufträge für jede der Sprachen L_i .

- Beweisen oder widerlegen Sie, dass L_i regulär ist.
- Beweisen oder widerlegen Sie, dass L_i kontextfrei ist.

Hinweis: Nutzen Sie, dass manche Aussagen direkt aus anderen Aussagen folgen. Um zu beweisen, dass L_i regulär/kontextfrei ist, genügt es, ein geeignetes Konstrukt K_i (Grammatik, Automat oder regulärer Ausdruck) anzugeben und kurz zu begründen, warum $L(K_i) = L_i$ gilt.

FSK7-2 Turingmaschinen verstehen

Die folgende DTM M ist als Zustandsgraph gegeben, wobei $\Sigma = \{a, b, c\}$, $\Gamma = \Sigma \cup \{\#_a, \#_b, \#_c, \square\}$ und $\square$ das Blank-Symbol ist.



- Geben Sie Läufe der Turingmaschine (Übergänge von der Startkonfiguration bis zur Endkonfiguration) für die Wörter ε , $abcc$ und abc an.
- Welche Sprache akzeptiert die Turingmaschine M ? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Die obige Turingmaschine M mit Alphabet Σ und Bandalphabet Γ berechnet eine (partielle) Funktion $f: \Sigma^* \rightarrow \Gamma^*$, wenn für alle $u \in \Sigma^*$ und $v \in \Gamma^*$ gilt: $f(u) = v$ g.d.w. $z_0 u \vdash_M^* \square \dots \square z_e v \square \dots \square$ mit z_e Endzustand. (Beachten Sie: Diese Definition weicht leicht von der aus der Vorlesung ab, weil die Wertemenge von f nicht Σ^* ist, sondern Γ^* .)
Welche Funktion berechnet M ?
- Bestimmen Sie asymptotisch, also in O -Notation, die Anzahl der Schritte (abhängig von n), die die Turingmaschine braucht, um das Wort $w = a^n b^n c^n$ zu erkennen.

FSK7-3 Turingmaschinen erstellen

Wir betrachten die Sprache $L = \{w \mid \#_b(w) > \#_c(w)\}$ über dem Alphabet $\{b, c\}$.

- Erstellen Sie auf <https://turingmachinesimulator.com/> eine TM, die L erkennt. Geben Sie sowohl einen Link zur Maschine an als auch den „Programmtext“ der Maschine.
- Geben Sie für Ihre TM aus Teilaufgabe a) einen Zustandsgraphen an.
- Geben Sie die Läufe der folgenden Wörter auf Ihre TM aus Teilaufgabe a) an: $\varepsilon, c, bcc, cbcbb$.

Hinweis: Wörter, die nicht in L liegen, erzeugen eventuell unendliche Läufe. Geben Sie in solchen Fällen ein Präfix an, aus dem ersichtlich wird, dass der Lauf unendlich ist.

FSK7-4 Konstruktion Grammatik zu PDA

Sei $G = (\{S, B, C, D\}, \{a, b, c, d\}, P, S)$ eine Grammatik in Greibach-Normalform mit Produktionen

$$P = \{S \rightarrow aBCD, B \rightarrow bB \mid bC, C \rightarrow cCD \mid cD, D \rightarrow d\}$$

- Erzeugen Sie gemäß der Konstruktion aus der Vorlesung aus G einen PDA M mit $L(M) = L(G)$, der mit leerem Keller akzeptiert.
- Erzeugen Sie gemäß der sogenannten Tripelkonstruktion aus der Vorlesung aus M eine kontextfreie Grammatik H mit $L(H) = L(M)$.
- Vergleichen Sie die Grammatiken G und H . Beschreiben Sie die Gemeinsamkeiten dieser Grammatiken, sowie ihre Unterschiede.

Klausurvorbereitung FSK-7-K

- Geben Sie eine Turingmaschine an, die die folgende Funktion berechnet:

$$f(x) = x + 1, \text{ für eine Zahl } x \text{ in Binärschreibweise.}$$

Beispielsweise $f(1) = 10$, $f(1100) = 1101$, $f(1011) = 1100$. Beachten Sie, dass nach der Definition der Funktion einer Turingmaschine das Funktionsergebnis nach der Berechnung **rechts neben dem Lesekopf** steht.