

Theoretische Informatik

Prof. Dr. Peter Thiemann
Marius Weidner
Simon Dorer

Universität Freiburg
Institut für Informatik
Sommersemester 2026

Übungsblatt 4

Abgabe: Dienstag, 19.05.2026, 16:00 Uhr

Hinweis: Bei Fragen zu den Übungsblättern oder zu allgemeinen Themen der Vorlesung können Sie sich gerne über unseren Chat an uns wenden ([hier](#)). Wir beantworten Ihre Fragen gerne! Zögern Sie also nicht, den Chat zu nutzen. :)

Aufgabe 4.1 (NEAs konstruieren; 5 Punkte)

Geben Sie für die folgenden Sprachen jeweils ein Zustandsdiagramm eines *nichtdeterministischen endlichen Automaten* (NEA) an, der die Sprache akzeptiert.

Beschreiben Sie außerdem kurz, was die einzelnen Zustände Ihres NEAs intuitiv bedeuten, damit Ihr Tutor/ Ihre Tutorin besser nachvollziehen kann, wie Ihr Automat arbeitet.

- (a) $L_1 = \{w \in \{a, b, c, d, e\}^* \mid w \neq \varepsilon \text{ beginnt und endet mit dem gleichen Zeichen}\}$



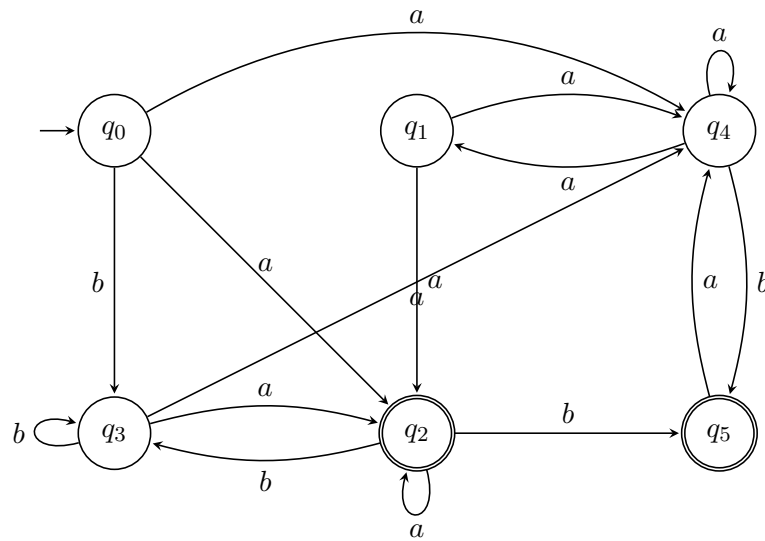
- (b) $L_2 = \{w \in \{a, b\}^* \mid w \text{ enthält mindestens einmal eine der Zeichenfolgen } aaba, abb \text{ oder } ababa\}$

Halten Sie die Anzahl der Zustände hier möglichst klein, indem Sie Zustände wiederverwenden.



Aufgabe 4.2 (Potenzmengenkonstruktion; 7 Punkte)

Gegeben sei der folgende NEA $\mathcal{A} = (\Sigma, Q, \delta, q^{\text{init}}, F)$ über dem Alphabet $\Sigma = \{a, b\}$:



Wenden Sie die in der Vorlesung vorgestellte *Potenzmengenkonstruktion* an, um aus \mathcal{A} einen äquivalenten DEA $\mathcal{A}' = (\Sigma, Q', \delta', q'_0, F')$ zu konstruieren. Beachten Sie dabei:

- Geben Sie \mathcal{A}' als 5-Tupel an und benennen Sie die Zustände von \mathcal{A}' eindeutig als *Teilmengen* von Q .
- Geben Sie δ' nur für die vom Startzustand aus *erreichbaren* Zustände an. Stellen Sie δ' tabellarisch dar, etwa nach folgendem Schema:

δ'	a	b
$\{q_0\}$
\vdots		

- Geben Sie zusätzlich ein Zustandsdiagramm von \mathcal{A}' an.



Aufgabe 4.3 (Pumping-Lemma; 8 Punkte)

Zeigen Sie mit Hilfe des Pumping-Lemmas, dass die folgenden Sprachen *nicht regulär* sind:

- (a) $L_1 = \{a^n b^n \mid n \in \mathbb{N}\}$ über $\Sigma = \{a, b\}$.
- (b) $L_2 = \{a^{n^2} \mid n \in \mathbb{N}\}$ über $\Sigma = \{a\}$.

Hinweis: Überlegen Sie sich, wie groß der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Quadratzahlen ist.

Aufgabe 4.4 (*Bonusaufgabe:* NEAs mit mehreren Startzuständen; 3 Bonuspunkte)

In der Vorlesung wurde der NEA mit *genau einem* Startzustand definiert. In der

Literatur findet man auch eine etwas allgemeinere Variante, die eine *Menge* von Startzuständen erlaubt. Wir nennen sie kurz *MS-NEA*.

Ein *MS-NEA* ist ein 5-Tupel $\mathcal{A} = (\Sigma, Q, \delta, S, F)$, wobei Σ , Q , δ und F wie beim klassischen NEA aus der Vorlesung definiert sind und $S \subseteq Q$ eine Menge von Startzuständen ist.

Zeigen Sie, dass MS-NEA und klassischer NEA dieselbe Sprachklasse akzeptieren:

- (a) Sei $\mathcal{A} = (\Sigma, Q, \delta, S, F)$ ein MS-NEA. Konstruieren Sie einen klassischen NEA $\mathcal{A}' = (\Sigma, Q', \delta', q^{\text{init}}, F')$ mit $L(\mathcal{A}) = L(\mathcal{A}')$. Geben Sie \mathcal{A}' als 5-Tupel an.
- (b) Beweisen Sie die Korrektheit Ihrer Konstruktion, also $L(\mathcal{A}) = L(\mathcal{A}')$. Führen Sie das Argument sorgfältig in beide Richtungen.

Aufgabe 4.5 (Erfahrungen; Datei: NOTES.md)

Notieren Sie Ihre Erfahrungen mit diesem Übungsblatt (benötigter Zeitaufwand, Probleme, Bezug zur Vorlesung, Interessantes, etc.).

Editieren Sie hierzu die Datei `NOTES.md` im Abgabepfad dieses Übungsblattes auf unserer Webplattform. Halten Sie sich an das dort vorgegebene Format, da wir den Zeitbedarf automatisch statistisch auswerten. Die Zeitangabe **4.5 h** steht dabei für 4 Stunden und 30 Minuten.