

Deterministische endliche Automaten

Prof. Dr. Jasmin Blanchette

Lehr- und Forschungseinheit für
Theoretische Informatik

Stand: 25. April 2023

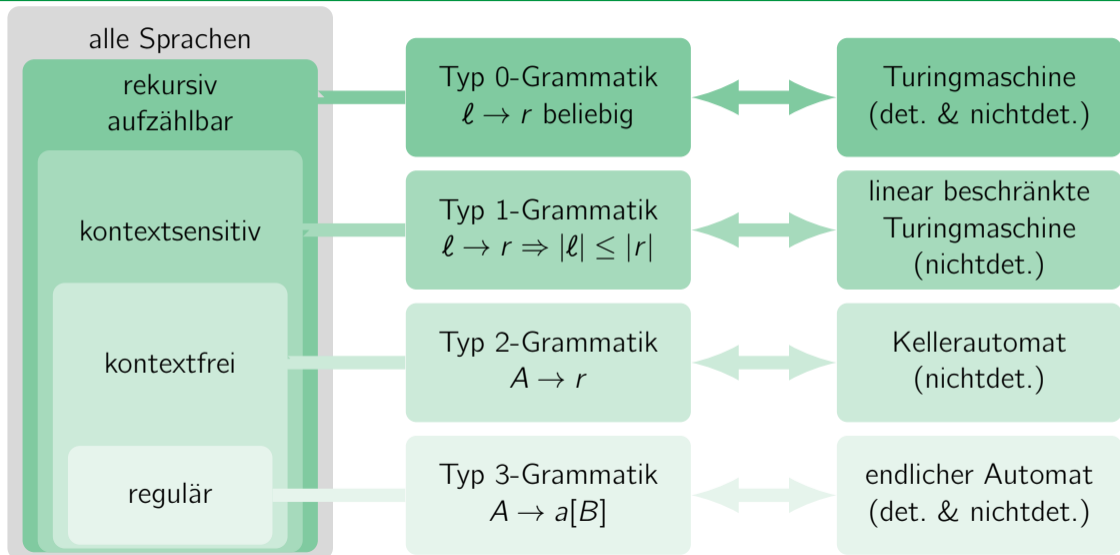
Folien ursprünglich von PD Dr. David Sabel



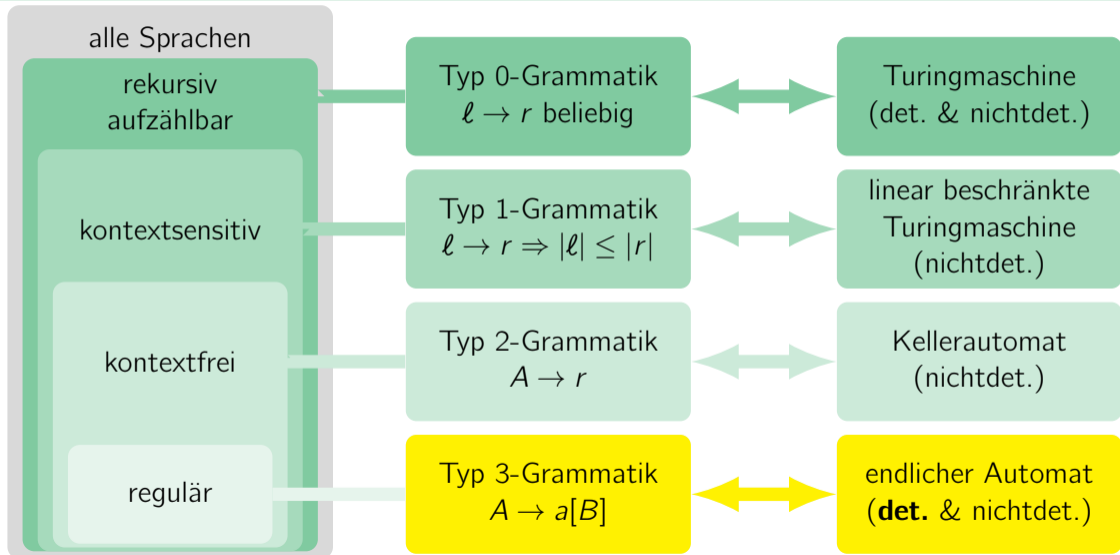
- ▶ Formalismen, um Sprachen zu repräsentieren:
 - **Grammatiken**: Sie **erzeugen** Wörter einer formalen Sprache.
 - **Maschinenmodelle**: Sie **erkennen** Wörter einer formalen Sprache.
- ▶ Welcher Formalismus besser ist, hängt von der konkreten Fragestellung ab.

Wichtige Fragestellung: Welche Maschine akzeptiert welche Sprachklasse?

Überblick: Grammatiken & Maschinenmodelle für die Chomsky-Hierarchie



Überblick: Grammatiken & Maschinenmodelle für die Chomsky-Hierarchie



Wiederholung:

- ▶ Eine Sprache heißt **regulär** (bzw. vom Typ 3), wenn sie von einer Typ 3-Grammatik erzeugt wird.
- ▶ Eine Grammatik $G = (V, \Sigma, P, S)$ ist vom Typ 3 (bzw. regulär), wenn alle Produktionen von der Form

$$A \rightarrow a \text{ oder } A \rightarrow aB$$

mit $A, B \in V$ und $a \in \Sigma$ sind.

Deterministische endliche Automaten

Die informelle Kurzfassung:

- ▶ Endliche Automaten lesen zeichenweise ein Eingabewort
- ▶ wechseln dabei den Zustand (eindeutig)
- ▶ Nur endlich viele Zustände
- ▶ Starten im Startzustand
- ▶ Nach Lesen der Eingabe: Akzeptieren oder Verwerfen
 - ▶ Akzeptieren = in einem Endzustand
 - ▶ Verwerfen = in keinem Endzustand
- ▶ Akzeptierte Sprache = alle Wörter, für die der Automat akzeptiert

Definition (Deterministischer endlicher Automat, DFA)

Ein **deterministischer endlicher Automat** (deterministic finite automaton, DFA) ist ein 5-Tupel




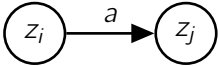
$$M = (Z, \Sigma, \delta, z_0, E)$$

wobei

- ▶ Z ist eine endliche Menge von **Zuständen**,
- ▶ Σ ist das (endliche) **Eingabealphabet** mit $Z \cap \Sigma = \emptyset$,
- ▶ $\delta : Z \times \Sigma \rightarrow Z$ ist die **Zustandsüberföhrungsfunktion** (oder **Überföhrungsfunktion**),
- ▶ $z_0 \in Z$ ist der **Startzustand** und
- ▶ $E \subseteq Z$ ist die Menge der **Endzustände** (oder auch **akzeptierende Zustände**).

Zustandsgraph eines DFA

Für DFA $M = (Z, \Sigma, \delta, z_0, E)$

- ▶ Für $z \in Z$ gibt es Knoten 
- ▶ Startzustand $z_0 \in Z$: eingehender Pfeil ,
- ▶ Endzustände $z \in E$: doppelte Kreise ,
- ▶ Übergänge $\delta(z_i, a) = z_j$ als Kante 

und statt  zeichnen wir .

Beispiel

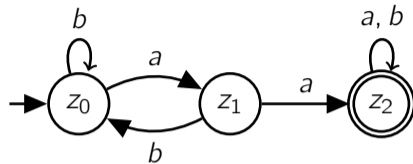
DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:



Abarbeitung von *bbab*:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

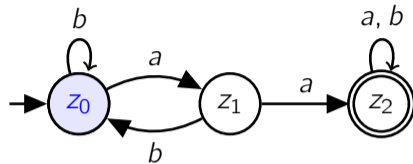
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0



Abarbeitung von *bbab*:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

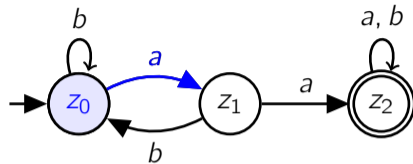
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1



Abarbeitung von *bbab*:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

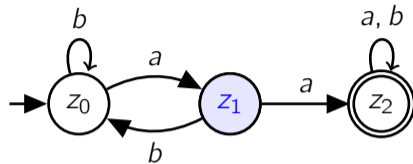
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1



Abarbeitung von *bbab*:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

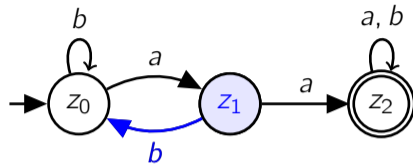
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von $abb\text{aaa}$:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0



Abarbeitung von $bbab$:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

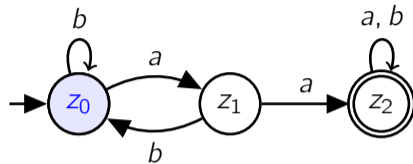
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von $abbaaa$:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0



Abarbeitung von $bbab$:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

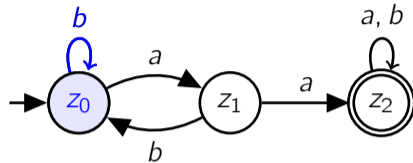
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von abb aaa:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0



Abarbeitung von $bbab$:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

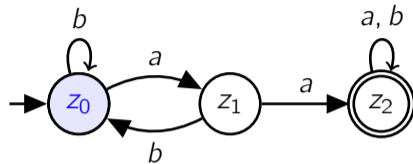
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von abb aaa:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0



Abarbeitung von $bbab$:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

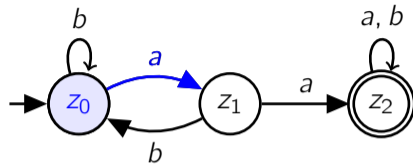
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von abb ***a*** aa :

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1



Abarbeitung von bb ***a*** bab :

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

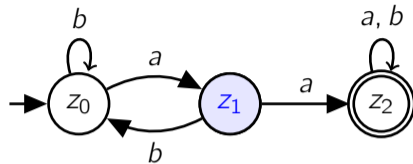
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von $abb\mathbf{a}aa$:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1



Abarbeitung von $bb\mathbf{a}b$:

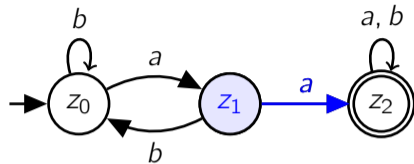
Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$



Abarbeitung von $abbaa$:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2

Abarbeitung von $bbab$:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

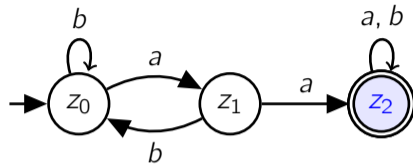
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von $abbaa$:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2



Abarbeitung von $bbab$:

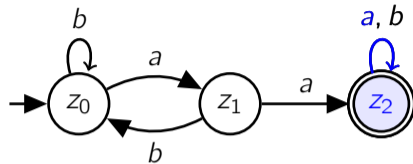
Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$



Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2

Abarbeitung von *bbab*:

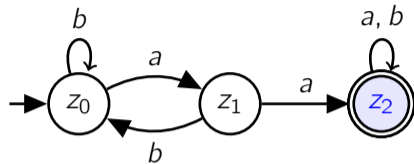
Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$



Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2

Abarbeitung von *bbab*:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

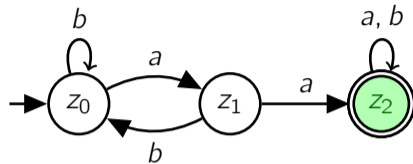
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere



Abarbeitung von *bbab*:

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

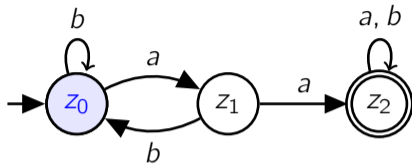
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere



Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

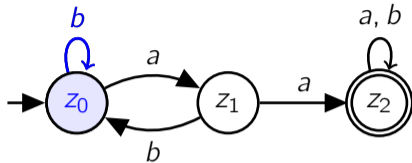
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere



Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

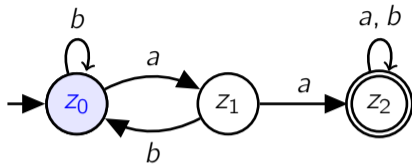
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere



Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

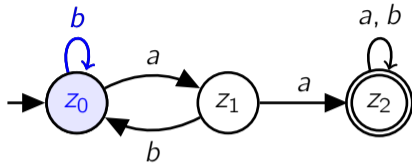
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere



Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0

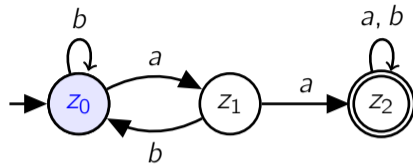
Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$



Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere

Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

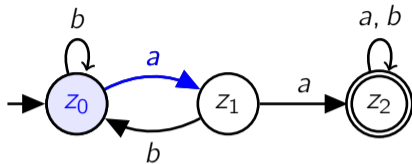
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere



Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

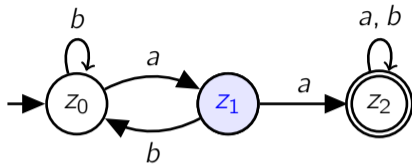
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere



Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

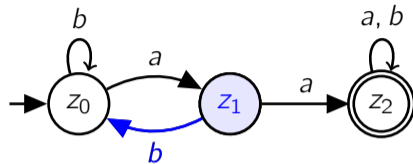
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere



Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

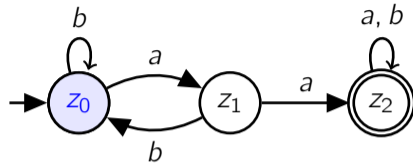
$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere



Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0

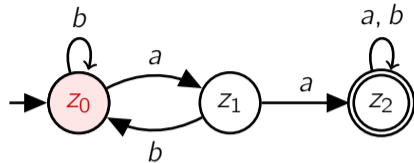
Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$



Abarbeitung von *abbaaa*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Lies a und wechsle in z_2
- ▶ Akzeptiere

Abarbeitung von *bbab*:

- ▶ Starte in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ Lies a und wechsle in z_1
- ▶ Lies b und wechsle in z_0
- ▶ **Verwirf**

Definition (Akzeptierte Sprache eines DFA)

Sei $M = (Z, \Sigma, \delta, z_0, E)$ ein DFA.

Wir definieren die Funktion $\hat{\delta} : Z \times \Sigma^* \rightarrow Z$ durch

$$\hat{\delta}(z, \varepsilon) := z \quad \text{und} \quad \hat{\delta}(z, aw) := \hat{\delta}(\delta(z, a), w)$$

Die von M **akzeptierte Sprache** ist

$$L(M) := \{w \in \Sigma^* \mid \hat{\delta}(z_0, w) \in E\}$$

$\hat{\delta}$ wendet δ solange an, bis das Eingabewort abgearbeitet ist.

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

$$\delta(z_0, a) = z_1 \quad \delta(z_1, b) = z_0$$

$$\delta(z_0, b) = z_0 \quad \delta(z_2, a) = z_2$$

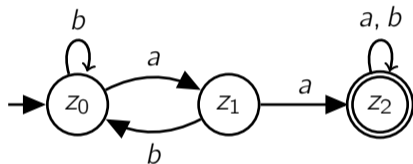
$$\delta(z_1, a) = z_2 \quad \delta(z_2, b) = z_2$$

$$L(M) = ?$$

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

$$\begin{array}{ll} \delta(z_0, a) = z_1 & \delta(z_1, b) = z_0 \\ \delta(z_0, b) = z_0 & \delta(z_2, a) = z_2 \\ \delta(z_1, a) = z_2 & \delta(z_2, b) = z_2 \end{array}$$

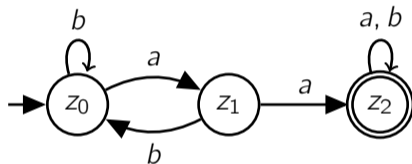


$$L(M) = ?$$

Beispiel

DFA $M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_2\})$ mit

$$\begin{array}{ll} \delta(z_0, a) = z_1 & \delta(z_1, b) = z_0 \\ \delta(z_0, b) = z_0 & \delta(z_2, a) = z_2 \\ \delta(z_1, a) = z_2 & \delta(z_2, b) = z_2 \end{array}$$



$$L(M) = \{uaav \mid u, v \in \{a, b\}^*\}$$

Beispiel: DFA konstruieren

Konstruiere einen DFA über $\Sigma = \{a, b\}$, der alle Wörter akzeptiert, die mit *abaa* beginnen und mit *bab* enden:

Beispiel: DFA konstruieren

Konstruiere einen DFA über $\Sigma = \{a, b\}$, der alle Wörter akzeptiert, die mit $abaa$ beginnen und mit bab enden:



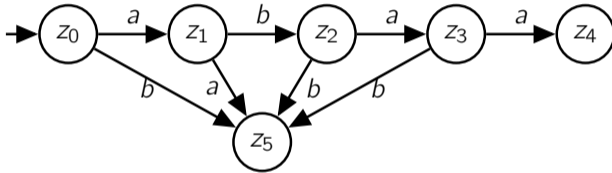
Beispiel: DFA konstruieren

Konstruiere einen DFA über $\Sigma = \{a, b\}$, der alle Wörter akzeptiert, die mit $abaa$ beginnen und mit bab enden:



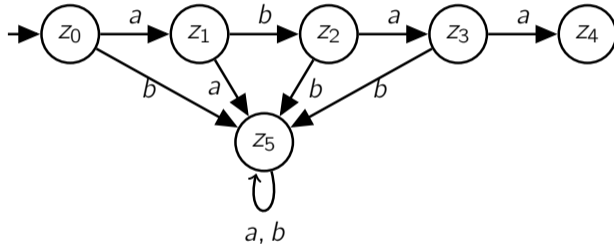
Beispiel: DFA konstruieren

Konstruiere einen DFA über $\Sigma = \{a, b\}$, der alle Wörter akzeptiert, die mit $abaa$ beginnen und mit bab enden:



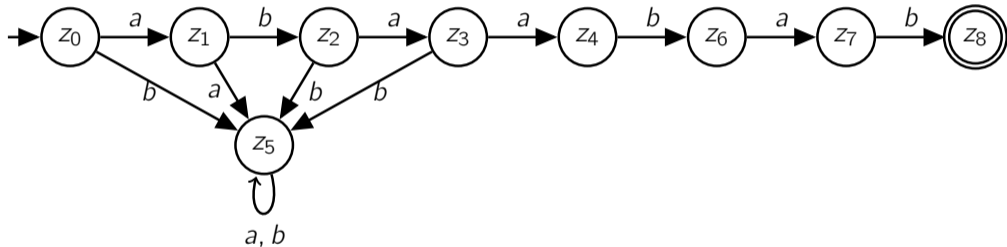
Beispiel: DFA konstruieren

Konstruiere einen DFA über $\Sigma = \{a, b\}$, der alle Wörter akzeptiert, die mit $abaa$ beginnen und mit bab enden:



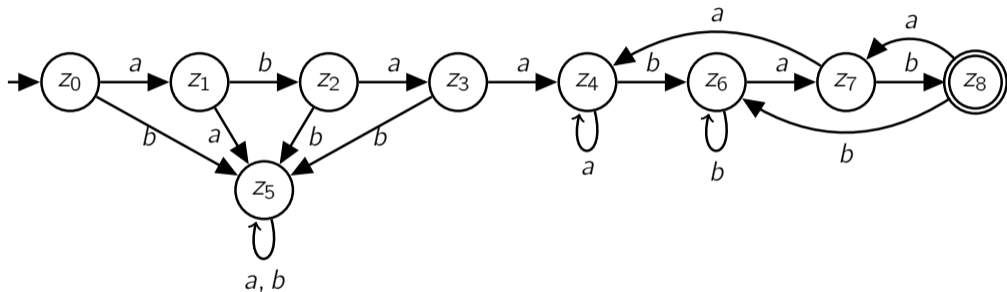
Beispiel: DFA konstruieren

Konstruiere einen DFA über $\Sigma = \{a, b\}$, der alle Wörter akzeptiert, die mit $abaa$ beginnen und mit bab enden:



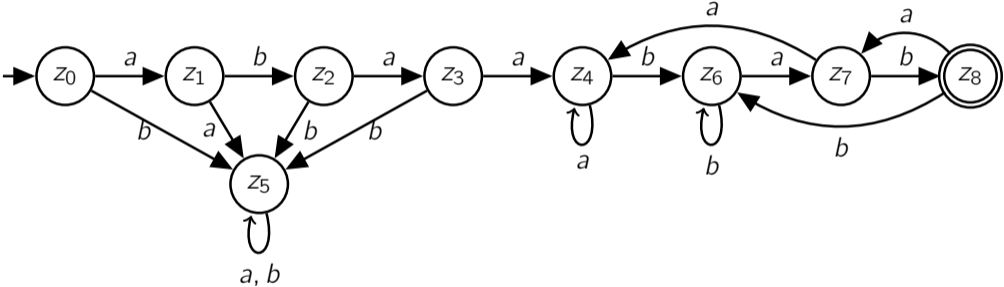
Beispiel: DFA konstruieren

Konstruiere einen DFA über $\Sigma = \{a, b\}$, der alle Wörter akzeptiert, die mit $abaa$ beginnen und mit bab enden:



Beispiel: DFA konstruieren

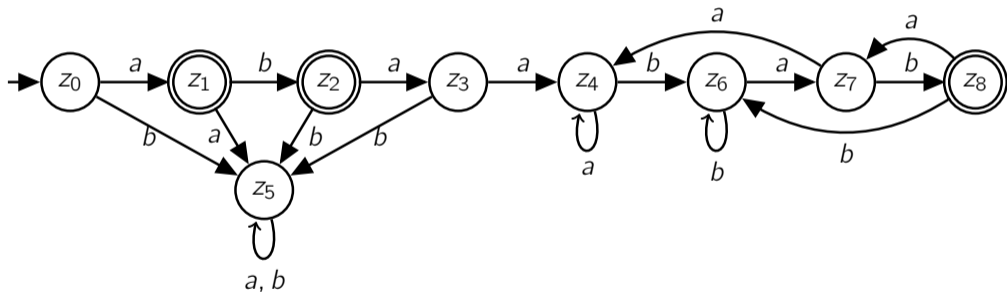
Konstruiere einen DFA über $\Sigma = \{a, b\}$, der alle Wörter akzeptiert, die mit *abaa* beginnen und mit *bab* enden:



Beispiele:
abaabab
abaaaabab
abaababab

Beispiel: DFA konstruieren (2)

Zusätzlich die Wörter a und ab akzeptieren:



Definition (Lauf)

Sei $M = (Z, \Sigma, \delta, z_0, E)$ ein DFA und $w \in \Sigma^*$ mit $|w| = n$.

Die Folge von Zuständen q_0, \dots, q_n mit $q_0 = z_0$ und $q_i = \delta(q_{i-1}, w[i])$ bezeichnet man als **Lauf** von M für Wort w .

Für einen Lauf schreiben wir auch:

$$q_0 \xrightarrow{w[1]} q_1 \xrightarrow{w[2]} \dots \xrightarrow{w[n-1]} q_{n-1} \xrightarrow{w[n]} q_n$$

Beispiele für Läufe

$M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_0\})$ mit

δ	a	b
z_0	z_1	z_0
z_1	z_2	z_1
z_2	z_0	z_2

Lauf für Wort *abbaaabba*:

Beispiele für Läufe

$M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_0\})$ mit

δ	a	b
z_0	z_1	z_0
z_1	z_2	z_1
z_2	z_0	z_2

Lauf für Wort *abbaaabba*:

$$z_0 \xrightarrow{a} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{a} z_2 \xrightarrow{a} z_0 \xrightarrow{a} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{a} z_2$$

Beispiele für Läufe

$M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_0\})$ mit

δ	a	b
z_0	z_1	z_0
z_1	z_2	z_1
z_2	z_0	z_2

Lauf für Wort $abbaaabba$:

$$z_0 \xrightarrow{a} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{a} z_2 \xrightarrow{a} z_0 \xrightarrow{a} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{a} z_2$$

Lauf für Wort $bbababa$:

Beispiele für Läufe

$M = (\{z_0, z_1, z_2\}, \{a, b\}, \delta, z_0, \{z_0\})$ mit

δ	a	b
z_0	z_1	z_0
z_1	z_2	z_1
z_2	z_0	z_2

Lauf für Wort *abbaaabba*:

$$z_0 \xrightarrow{a} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{a} z_2 \xrightarrow{a} z_0 \xrightarrow{a} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{a} z_2$$

Lauf für Wort *bbababa*:

$$z_0 \xrightarrow{b} z_0 \xrightarrow{b} z_0 \xrightarrow{a} z_1 \xrightarrow{b} z_1 \xrightarrow{a} z_2 \xrightarrow{b} z_2 \xrightarrow{a} z_0$$