

# Theoretische Grundlagen der Informatik

## Tutorium 2

Institut für Kryptographie und Sicherheit



- Abgaben: 18 von 21 (85,7%)
- Mindestens 50% Punkte: 18 von 18 (100%)
- Durchschnittliche erreichte Punktzahl: 11,7

18 Tutanden haben wir gefragt:  
Was war beim ersten Übungsblatt am verwirrendsten?

- 1.
- 2.
- 3.

- Abgaben: 18 von 21 (85,7%)
- Mindestens 50% Punkte: 18 von 18 (100%)
- Durchschnittliche erreichte Punktzahl: 11,7

18 Tutanden haben wir gefragt:  
Was war beim ersten Übungsblatt am verwirrendsten?

- 1.
- 2.
3. rechtslinear  $\supseteq = \subseteq$  regulär?

- Abgaben: 18 von 21 (85,7%)
- Mindestens 50% Punkte: 18 von 18 (100%)
- Durchschnittliche erreichte Punktzahl: 11,7

18 Tutanden haben wir gefragt:  
Was war beim ersten Übungsblatt am verwirrendsten?

- 1.
- 2.
3. rechtslinear  $\not\subseteq$  regulär

- Abgaben: 18 von 21 (85,7%)
- Mindestens 50% Punkte: 18 von 18 (100%)
- Durchschnittliche erreichte Punktzahl: 11,7

18 Tutanden haben wir gefragt:  
Was war beim ersten Übungsblatt am verwirrendsten?

- 1.
2. Wie Simuliere ich ein System?
3. rechtslinear  $\not\subseteq$  regulär

- Abgaben: 18 von 21 (85,7%)
- Mindestens 50% Punkte: 18 von 18 (100%)
- Durchschnittliche erreichte Punktzahl: 11,7

18 Tutanden haben wir gefragt:

Was war beim ersten Übungsblatt am verwirrendsten?

- 1.
2. Ein Simulation bedeutet alle Schritte des Systems darzustellen
3. rechtslinear  $\not\subseteq$  regulär

- Abgaben: 18 von 21 (85,7%)
- Mindestens 50% Punkte: 18 von 18 (100%)
- Durchschnittliche erreichte Punktzahl: 11,7

18 Tutanden haben wir gefragt:

Was war beim ersten Übungsblatt am verwirrendsten?

- 1.
2. Ein Simulation bedeutet alle Schritte des Systems darzustellen
  - Bei „Wenden Sie X an“ übrigens auch
3. rechtslinear  $\not\subseteq$  regulär

- Abgaben: 18 von 21 (85,7%)
- Mindestens 50% Punkte: 18 von 18 (100%)
- Durchschnittliche erreichte Punktzahl: 11,7

18 Tutanden haben wir gefragt:

Was war beim ersten Übungsblatt am verwirrendsten?

1. Was muss ich bei „Zeigen Sie...“ tun?
2. Ein Simulation bedeutet alle Schritte des Systems darzustellen
  - Bei „Wenden Sie X an“ übrigens auch
3. rechtslinear  $\not\subseteq \neq \subseteq$  regulär



- Abgaben: 18 von 21 (85,7%)
- Mindestens 50% Punkte: 18 von 18 (100%)
- Durchschnittliche erreichte Punktzahl: 11,7

18 Tutanden haben wir gefragt:

Was war beim ersten Übungsblatt am verwirrendsten?

1. Zeigen Sie = Beweisen Sie
2. Ein Simulation bedeutet alle Schritte des Systems darzustellen
  - Bei „Wenden Sie X an“ übrigens auch
3. rechtslinear  $\not\subseteq$  regulär

- Abgaben: 18 von 21 (85,7%)
- Mindestens 50% Punkte: 18 von 18 (100%)
- Durchschnittliche erreichte Punktzahl: 11,7

18 Tutanden haben wir gefragt:  
Was war beim ersten Übungsblatt am verwirrendsten?

1. Zeigen Sie = Beweisen Sie
  - Also Widerspruch oder Vollständige Induktion
2. Ein Simulation bedeutet alle Schritte des Systems darzustellen
  - Bei „Wenden Sie X an“ übrigens auch
3. rechtslinear  $\not\subseteq$  regulär

## Äquivalenz

- Zwei Zustände sind äquivalent, wenn es für das Erreichen eines Endzustandes durch Abarbeiten eines Wortes  $w$  unerheblich ist, aus welchem der beiden Zustände wir starten.

### Definition

Zwei Zustände  $p$  und  $q$  eines deterministischen endlichen Automaten heißen *äquivalent* ( $p \equiv q$ ), wenn für alle Wörter  $w \in \Sigma^*$  gilt:

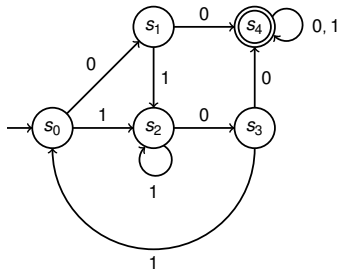
$$\delta(p, w) \in F \Leftrightarrow \delta(q, w) \in F$$

Offensichtlich ist  $\equiv$  eine Äquivalenzrelation. Mit  $[p]$  bezeichnen wir die *Äquivalenzklasse* der zu  $p$  äquivalenten Zustände.

# Aufgabe 1

Gegeben sei der folgende endliche Automat:

$\mathcal{M} = (\mathcal{Q}, \Sigma, \delta, s_0, \mathcal{F})$  mit  $\mathcal{Q} = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4\}$ ,  $\Sigma = \{0, 1\}$ ,  $\mathcal{F} = \{s_4\}$  und  $\delta$  gegeben durch:



1. Ist der gegebene endliche Automat deterministisch?
2. Zeichnen Sie den Äquivalenzklassenautomaten!
3. Geben Sie die Äquivalenzklassen der Zustände vom entstandenen Automaten an!

- Schritt 1: nicht erreichbare Zustände entfernen
- Schritt 2: Liste mit Paaren von Zuständen erstellen (Matrixform)
- Schritt 3: Alle Paare, die einen akzeptierenden und einen nicht-akzeptierenden enthalten entfernen (bzw. eine 0 in die Matrix schreiben)
- Schritt 4: Alle Paare bei denen es eine Eingabe gibt, sodass das Paar der resultierenden Zustände bereits entfernt wurde und das Paar nicht zweimal den selben Zustand enthält, entfernen (bzw. 1 in die Matrix schreiben) Formal:

$$\forall (q_i q_j) \in F \text{ mit } (\delta(q_i, w), \delta(q_j, w)) \notin F \wedge \delta(q_i, w) \neq \delta(q_j, w) \} :$$

Entferne  $(q_i, q_j)$  aus  $F$

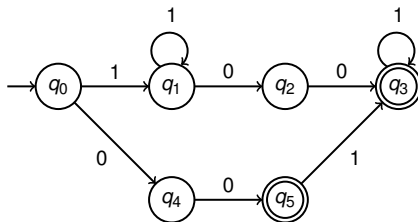
- Schritt 5: Wiederhole Schritt 4 bis nichts mehr entfernt wird (Dabei je Iteration die iterierte Nummer in die Matrix schreiben).
- Schritt 6: Leere Felder in der Matrix zeigen welche Zustände die selbe Äquivalenzklasse haben

# Aufgabe 3

Gegeben sei der folgende deterministische endliche Automat:

$\mathcal{M} = (\mathcal{Q}, \Sigma, \delta, q_0, \mathcal{F})$  mit

$\mathcal{Q} = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5\}$ ,  $\Sigma = \{0, 1\}$ ,  $\mathcal{F} = \{q_3, q_5\}$  und  $\delta$  gegeben durch:



1. Vervollständigen Sie den Automaten, d.h. führen Sie einen Fehlerzustand ein!
2. Minimieren Sie den vervollständigten Automaten!

## Allgemein

- Zu jedem nichtdeterministischen endlichen Automaten mit  $\epsilon$ -Übergängen gibt es einen äquivalenten nichtdeterministischen endlichen Automaten ohne  $\epsilon$ -Übergänge, der nicht mehr Zustände hat.
- Äquivalent heißt, er akzeptiert die selbe Sprache.
- Der  $\epsilon$ -Abschluss  $E(q)$  eines Zustandes  $q$  ist definiert als die Menge aller Zustände, die von  $q$  aus durch lediglich  $\epsilon$ -Übergänge erreichbar sind ( $q$  selbst zählt auch dazu).

## Konstruktion

Zu einem NEA  $A := (Q, \Sigma, \delta, s, F)$  mit  $\epsilon$ -Übergängen konstruieren wir einen äquivalenten NEA  $\tilde{A} := (\tilde{Q}, \Sigma, \tilde{\delta}, \tilde{s}, \tilde{F})$  mit

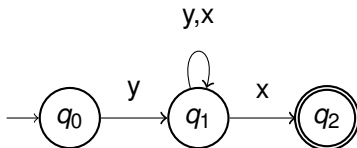
- gleicher Zustandsmenge  $\tilde{Q} := Q$
- gleichem Startzustand  $\tilde{s} := s$
- neuer Endzustandsmenge  $\tilde{F} := \{q \in Q \mid E(q) \cap F \neq \emptyset\}$ 
  - “alle Zustände, in deren  $\epsilon$ -Abschluss ein Endzustand liegt”
- neuer Übergangsfunktion  $\tilde{\delta}(q, a) := \begin{cases} \{q\} & \text{falls } a = \epsilon \\ \delta(E(q), a) & \text{sonst} \end{cases}$

## Eigenschaften von $\tilde{A}$

$L(\tilde{A}) = L(A)$  und  $|\tilde{Q}| = |Q|$ .



Zu jedem nichtdeterministischen endlichen Automaten existiert ein äquivalenter deterministischer endlicher Automat.



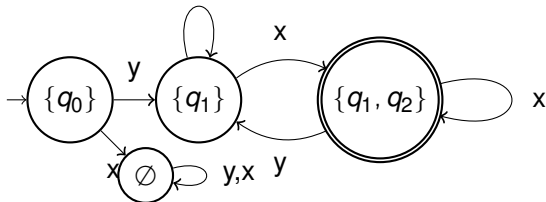
In eine Tabelle werden die Automatenzustände und ihre Folgezustände bei jeweiliger Eingabe eingetragen.

	y	x
$\{q_0\}$	$\{q_1\}$	$\emptyset$
$\{q_1\}$	$\{q_1\}$	$\{q_1, q_2\}$

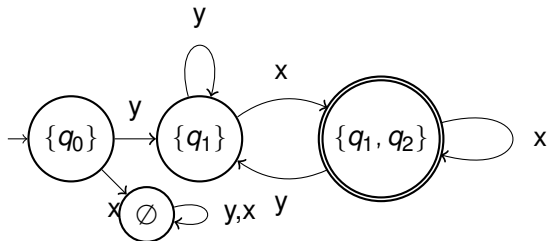
# Potenzmengenkonstruktion

Ein **neuer Zustand** entsteht, wenn man von einem alten Zustand durch eine Eingabe in mehrere Zustände kommt.

	y	x
$\{q_0\}$	$\{q_1\}$	$\emptyset$
$\{q_1\}$	$\{q_1\}$	$\{q_1, q_2\}$
$\{q_1, q_2\}$	$\{q_1\}$	$\{q_1, q_2\}$
$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$

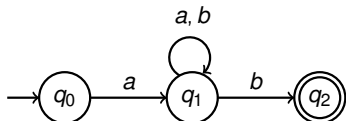


Die Einträge der ersten Spalte sind die neuen Zustände. Alle Mengen, die einen Endzustand enthalten, sind wiederum im neuen Automaten Endzustände.



## Aufgabe 2

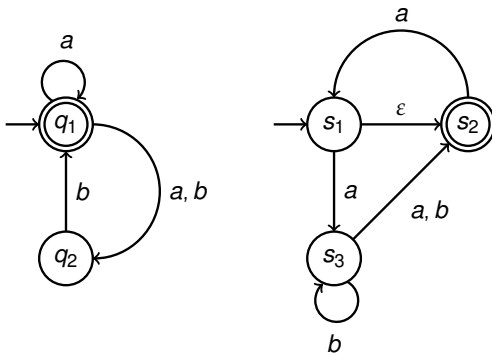
Gegeben sei ein nichtdeterministischer endlicher Automat (NEA):  
 $\mathcal{M} = (\mathcal{Q}, \Sigma, \delta, q_0, \mathcal{F})$  mit  $\mathcal{Q} = \{q_0, q_1, q_2\}$ ,  $\Sigma = \{a, b\}$ ,  $\mathcal{F} = \{q_2\}$  und  $\delta$  gegeben durch:



1. Geben Sie einen entsprechenden deterministischen endlichen Automaten (DEA) an, der die gleiche Sprache akzeptiert! Benutzen Sie hierbei das Potenzmengenkonstruktionsverfahren!
2. Ist der entstandene Automat vollständig? Wenn nicht, wie kann man den Automaten vervollständigen?  
Welche Mengen stellen bei dem Potenzmengenkonstruktionsverfahren einen Fehlerzustand dar?

## Aufgabe 4

Gegeben seien die folgenden beiden nichtdeterministischen endlichen Automaten:



Wandeln Sie diese mittels des Potenzmengenkonstruktionsverfahrens in deterministische endliche Automaten um!

# Bis zum nächsten Mal!





Dieses Werk ist unter einem "Creative Commons Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland"-Lizenzvertrag lizenziert. Um eine Kopie der Lizenz zu erhalten, gehen Sie bitte zu <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/> oder schreiben Sie an Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.

Davon ausgenommen sind das Titelbild, welches aus der März-April 2002 Ausgabe von American Scientist erschienen ist und ohne Erlaubnis verwendet wird, sowie das KIT Beamer Theme. Hierfür gelten die Bestimmungen der jeweiligen Urheber.