

Theoretische Informatik

FSS 2020 - Tutorium #1

Alexander Moch

2020-02-24

Aufgabe 1.1

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Wie lautet die von M akzeptierte Sprache?

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Leeres Band:



⇒ Schreibe #. Wechsle zu q_4 . Gehe nach links.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Leeres Band:



\implies Terminiere. Die Maschine akzeptiert die Eingabe.

Aufgabe 1.1

Das leere Wort ϵ wird akzeptiert.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 1:



\implies Terminiere. Die Eingabe wird nicht akzeptiert.

Aufgabe 1.1

Alle Wörter, welche mit 1 beginnen, werden nicht akzeptiert.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe #. Wechsle zu q_1 . Gehe nach rechts.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe u_1 . Bleibe in q_1 . Gehe nach rechts.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe u_2 . Bleibe in q_1 . Gehe nach rechts.

Aufgabe 1.1

...

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe u_9 . Bleibe in q_1 . Gehe nach rechts.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



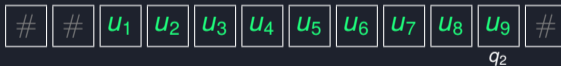
\implies Schreibe $\#$. Wechsle zu q_2 . Gehe nach links.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



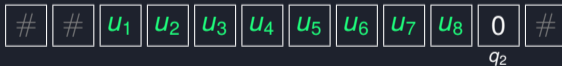
Es gibt hier zwei Möglichkeiten.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



Sei $u_9 = 0 \implies$ Terminiere.

Aufgabe 1.1

Alle Wörter, welche mit 0 enden, werden nicht akzeptiert.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



Sei $u_9 = 1 \implies$ Schreibe $\#$. Wechsle zu q_3 . Gehe nach links.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe u_8 . Bleibe in q_3 . Gehe nach links.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe u_7 . Bleibe in q_3 . Gehe nach links.

Aufgabe 1.1

...

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe u_1 . Bleibe in q_3 . Gehe nach links.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



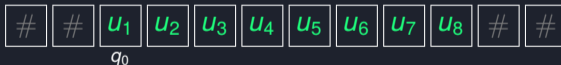
\implies Schreibe #. Wechsle zu q_0 . Gehe nach rechts.

Aufgabe 1.1

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erstes Zeichen eine 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Wir sind wieder in q_0 . Der String ist zwei Zeichen kleiner.

Beobachtungen

Beobachtungen

- Das leere Wort ϵ wird akzeptiert.

Beobachtungen

- Das leere Wort ϵ wird akzeptiert.
- M schaut ob das erste Zeichen eine 0 ist.

Beobachtungen

- Das leere Wort ϵ wird akzeptiert.
- M schaut ob das erste Zeichen eine 0 ist.
- Dann schaut M , ob das letzte Zeichen eine 1 ist.

Beobachtungen

- Das leere Wort ϵ wird akzeptiert.
- M schaut ob das erste Zeichen eine 0 ist.
- Dann schaut M , ob das letzte Zeichen eine 1 ist.
- Beide werden jeweils durch $\#$ ersetzt.

Beobachtungen

- Das leere Wort ϵ wird akzeptiert.
- M schaut ob das erste Zeichen eine 0 ist.
- Dann schaut M , ob das letzte Zeichen eine 1 ist.
- Beide werden jeweils durch $\#$ ersetzt.
- Der Kopf geht an den Anfang und wieder in q_0 .

Beobachtungen

- Das leere Wort ϵ wird akzeptiert.
- M schaut ob das erste Zeichen eine 0 ist.
- Dann schaut M , ob das letzte Zeichen eine 1 ist.
- Beide werden jeweils durch $\#$ ersetzt.
- Der Kopf geht an den Anfang und wieder in q_0 .
- Es werden die Zustände $q_0, q_1, \dots, q_1, q_2, q_3, \dots, q_3, q_0$ durchlaufen.

Beobachtungen

- Das leere Wort ϵ wird akzeptiert.
- M schaut ob das erste Zeichen eine 0 ist.
- Dann schaut M , ob das letzte Zeichen eine 1 ist.
- Beide werden jeweils durch $\#$ ersetzt.
- Der Kopf geht an den Anfang und wieder in q_0 .
- Es werden die Zustände $q_0, q_1, \dots, q_1, q_2, q_3, \dots, q_3, q_0$ durchlaufen.
- Bei jedem Durchlauf wird das Wort auf dem Band kleiner.

Beobachtungen

- Das leere Wort ϵ wird akzeptiert.
- M schaut ob das erste Zeichen eine 0 ist.
- Dann schaut M , ob das letzte Zeichen eine 1 ist.
- Beide werden jeweils durch $\#$ ersetzt.
- Der Kopf geht an den Anfang und wieder in q_0 .
- Es werden die Zustände $q_0, q_1, \dots, q_1, q_2, q_3, \dots, q_3, q_0$ durchlaufen.
- Bei jedem Durchlauf wird das Wort auf dem Band kleiner.
- Die Turingmaschine terminiert auf allen Eingaben.

$\{0^i 1^i \mid i \in \mathbb{N}_0\}$ wird akzeptiert.

Aufgabe 1.2

Teilaufgabe a)

Es stehe eine beliebig lange Folge von Einsen auf dem Band.

Nach dem Halten soll diese Folge zweimal auf dem Band stehen, durch ein # getrennt.

Für nichtleere Eingaben, soll sich der Kopf in der Endkonfiguration auf dem ersten # rechts der Lösung befinden.

Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



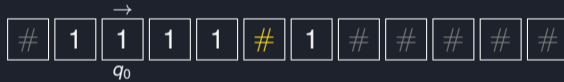
Aufgabe 1.2



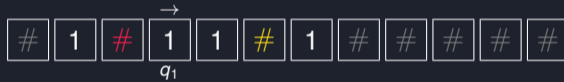
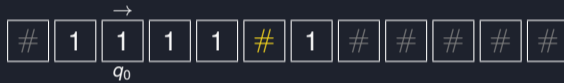
Aufgabe 1.2



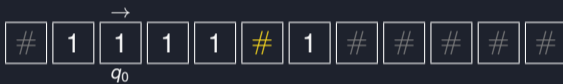
Aufgabe 1.2



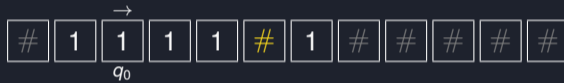
Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



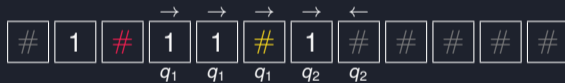
Aufgabe 1.2



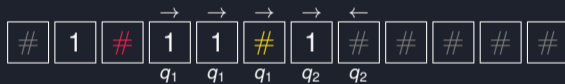
Aufgabe 1.2



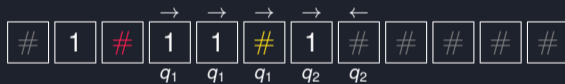
Aufgabe 1.2



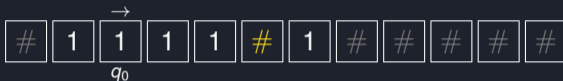
Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



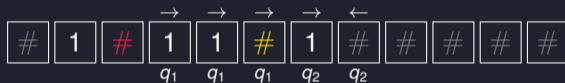
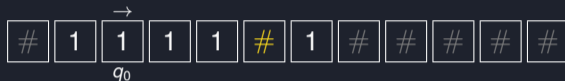
Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2

...

Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



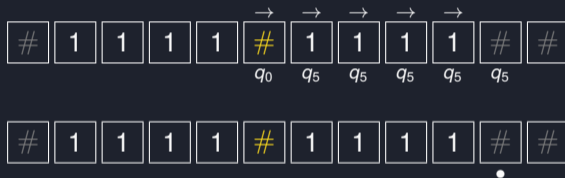
Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2

Turingmaschine M

δ	#	1
q_0	$(q_5, \#, R)$	$(q_1, \#, R)$
q_1	$(q_2, \#, R)$	$(q_1, 1, R)$
q_2	$(q_3, 1, L)$	$(q_2, 1, R)$
q_3	$(q_4, \#, L)$	$(q_3, 1, L)$
q_4	$(q_0, 1, R)$	$(q_4, 1, R)$
q_5	—	$(q_5, 1, R)$

Teilaufgabe b)

Die TM soll zwei positive Zahlen in Unärdarstellung addieren.

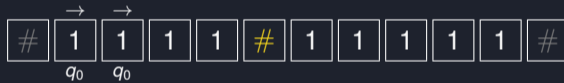
Diese stehen getrennt durch ein # auf dem Band.

In der Endkonfiguration steht der Kopf auf dem ersten Leerzeichen rechts der Antwort.

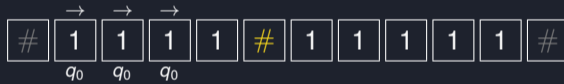
Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2



Aufgabe 1.2

Turingmaschine M

δ	#	1
q_0	$(q_1, 1, R)$	$(q_0, 1, R)$
q_1	$(q_2, \#, L)$	$(q_1, 1, R)$
q_2	—	$(q_2, \#, N)$

Teilaufgabe c)

Gesucht ist eine Turingmaschine, welche die Sprache

$$L = \{0^i 1^i \mid i \in \mathbb{N}, i \geq 2\}$$

über dem Eingabealphabet $\{0, 1\}$ akzeptiert.

Aufgabe 1.2

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_A	$(q_B, 0, R)$	—	—
q_B	$(q_0, 0, L)$	—	—
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erste beide Zeichen jeweils 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe 0. Wechsle zu q_B . Gehe nach rechts.

Aufgabe 1.2

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_A	$(q_B, 0, R)$	—	—
q_B	$(q_0, 0, L)$	—	—
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erste beide Zeichen jeweils 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe 0. Wechsle zu q_0 . Gehe nach links.

Aufgabe 1.2

Turingmaschine M

δ	0	1	#
q_A	$(q_B, 0, R)$	—	—
q_B	$(q_0, 0, L)$	—	—
q_0	$(q_1, \#, R)$	—	$(q_4, \#, L)$
q_1	$(q_1, 0, R)$	$(q_1, 1, R)$	$(q_2, \#, L)$
q_2	—	$(q_3, \#, L)$	—
q_3	$(q_3, 0, L)$	$(q_3, 1, L)$	$(q_0, \#, R)$
q_4	—	—	—

Erste beide Zeichen jeweils 0, restliche Zeichen $u_i \in \{0, 1\}$:



\implies Schreibe #. Wechsle zu q_1 . Gehe nach rechts.

Aufgabe 1.3

Teilaufgabe a)

Gib einen 2-Busy-Beaver an.

Aufgabe 1.3

2-Busy-Beaver

δ	#	1
q_0	$(q_1, 1, R)$	$(q_1, 1, L)$
q_1	$(q_0, 1, L)$	$(q_1, 1, N)$

Aufgabe 1.3

2-Busy-Beaver

δ	#	1
q_0	$(q_1, 1, R)$	$(q_1, 1, L)$
q_1	$(q_0, 1, L)$	$(q_1, 1, N)$



Aufgabe 1.3

2-Busy-Beaver

δ	#	1
q_0	$(q_1, 1, R)$	$(q_1, 1, L)$
q_1	$(q_0, 1, L)$	$(q_1, 1, N)$



Aufgabe 1.3

2-Busy-Beaver

δ	#	1
q_0	$(q_1, 1, R)$	$(q_1, 1, L)$
q_1	$(q_0, 1, L)$	$(q_1, 1, N)$



Aufgabe 1.3

2-Busy-Beaver

δ	#	1
q_0	$(q_1, 1, R)$	$(q_1, 1, L)$
q_1	$(q_0, 1, L)$	$(q_1, 1, N)$



Aufgabe 1.3

2-Busy-Beaver

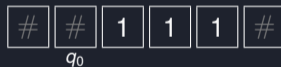
δ	#	1
q_0	$(q_1, 1, R)$	$(q_1, 1, L)$
q_1	$(q_0, 1, L)$	$(q_1, 1, N)$



Aufgabe 1.3

2-Busy-Beaver

δ	#	1
q_0	$(q_1, 1, R)$	$(q_1, 1, L)$
q_1	$(q_0, 1, L)$	$(q_1, 1, N)$



Teilaufgabe b)

Die Funktion $bb : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ gibt für jedes n die maximale Anzahl von Einsen an, die ein n -Busy-Beaver schreiben kann.

Zeige, dass bb streng monoton wächst.

Aufgabe 1.3

- Sei der neue Zustand q_{neu} .

Aufgabe 1.3

- Sei der neue Zustand q_{neu} .
- Aus dem vorherigen Endzustand, geht die Maschine in q_{neu} .

Aufgabe 1.3

- Sei der neue Zustand q_{neu} .
- Aus dem vorherigen Endzustand, geht die Maschine in q_{neu} .
- Schreibe 1 und gehe nach rechts, bis $\#$ erreicht worden ist.

Aufgabe 1.3

- Sei der neue Zustand q_{neu} .
- Aus dem vorherigen Endzustand, geht die Maschine in q_{neu} .
- Schreibe 1 und gehe nach rechts, bis $\#$ erreicht worden ist.
- Überschreibe mit 1 und stoppe.

Aufgabe 1.4

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- a) M_1 ist eine 1-Band Turingmaschine und x steht auf Band 1. M_1 wendet Inkrementiere solange auf die Inschrift auf Band 1 an, bis dort ein String aus n Einsen steht.
- b) M_2 ist eine 2-Band Turingmaschine und x steht auf Band 1. M_2 kopiert x auf Band 2 und inkrementiert die Inschrift auf Band 1 genau so oft, wie x Binärstellen hat. Also wird die Inschrift auf Band 1 n -mal inkrementiert.
- c) M_3 ist eine 3-Band Turingmaschine, x steht auf Band 1 und auf Band 2 und 3 steht jeweils 0.
 M_3 geht zeichenweise über x von links nach rechts und inkrementiert den Zähler auf Band 2, wenn auf Band 1 eine 0 gelesen wird und inkrementiert den Zähler auf Band 3, wenn auf Band 1 eine 1 gelesen wird.

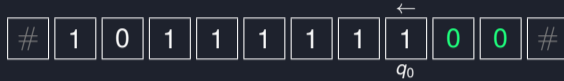
Aufgabe 1.4



Aufgabe 1.4



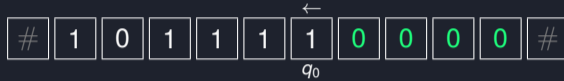
Aufgabe 1.4



Aufgabe 1.4



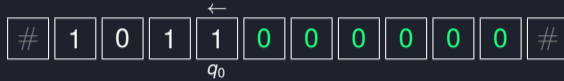
Aufgabe 1.4



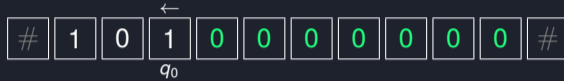
Aufgabe 1.4



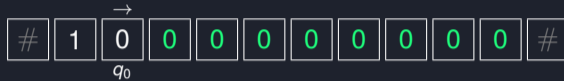
Aufgabe 1.4



Aufgabe 1.4



Aufgabe 1.4



Aufgabe 1.4

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	[→] 0	0	0	0	0	0	0	0	#
			q_1								

Aufgabe 1.4

1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 #
→
q₁

Aufgabe 1.4

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

\rightarrow
 q_1

Aufgabe 1.4

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	$\xrightarrow{q_1}$ 0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	-----------------------	---	---	---	---	---

Aufgabe 1.4

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	0	[→] 0	0	0	0	#
							_{q₁}				

Aufgabe 1.4

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	0	0	$\xrightarrow{\quad}$	0	0	0	#
									q_1			

Aufgabe 1.4

1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 1 0 0 0 0 0 0 0 [→] 0 0 #
q₁

Aufgabe 1.4

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	[→] 0	#
										_{q₁}	

Aufgabe 1.4

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

←
 q_1

Aufgabe 1.4

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

q_2

Aufgabe 1.4

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

q_2

Der Gesamtaufwand beträgt $\mathcal{O}(n)$.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- a) M_1 ist eine 1-Band Turingmaschine und x steht auf Band 1. M_1 wendet Inkrementiere solange auf die Inschrift auf Band 1 an, bis dort ein String aus n Einsen steht.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- a) M_1 ist eine 1-Band Turingmaschine und x steht auf Band 1. M_1 wendet Inkrementiere solange auf die Inschrift auf Band 1 an, bis dort ein String aus n Einsen steht.

Im schlechtesten Fall steht auf Band 1 ein String aus n Nullen. Das heißt wir müssen $2^n - 1$ Mal Inkrementiere aufrufen um einen String aus n Einsen zu bekommen.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- a) M_1 ist eine 1-Band Turingmaschine und x steht auf Band 1. M_1 wendet Inkrementiere solange auf die Inschrift auf Band 1 an, bis dort ein String aus n Einsen steht.

Im schlechtesten Fall steht auf Band 1 ein String aus n Nullen. Das heißt wir müssen $2^n - 1$ Mal Inkrementiere aufrufen um einen String aus n Einsen zu bekommen.

Der Gesamtaufwand beträgt $\mathcal{O}(n \cdot 2^n)$.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- b)** M_2 ist eine 2-Band Turingmaschine und x steht auf Band 1. M_2 kopiert x auf Band 2 und inkrementiert die Inschrift auf Band 1 genau so oft, wie x Binärstellen hat. Also wird die Inschrift auf Band 1 n -mal inkrementiert.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- b)** M_2 ist eine 2-Band Turingmaschine und x steht auf Band 1. M_2 kopiert x auf Band 2 und inkrementiert die Inschrift auf Band 1 genau so oft, wie x Binärstellen hat. Also wird die Inschrift auf Band 1 n -mal inkrementiert.

Kopieren hat einen Aufwand von $\mathcal{O}(n)$. Nach jedem Inkrementieren von x auf Band 1 geht der Kopf auf Band 2 ein Zeichen weiter.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- b)** M_2 ist eine 2-Band Turingmaschine und x steht auf Band 1. M_2 kopiert x auf Band 2 und inkrementiert die Inschrift auf Band 1 genau so oft, wie x Binärstellen hat. Also wird die Inschrift auf Band 1 n -mal inkrementiert.

Kopieren hat einen Aufwand von $\mathcal{O}(n)$. Nach jedem Inkrementieren von x auf Band 1 geht der Kopf auf Band 2 ein Zeichen weiter.

Der Gesamtaufwand beträgt $\mathcal{O}(n^2)$.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- c) M_3 ist eine 3-Band Turingmaschine, x steht auf Band 1 und auf Band 2 und 3 steht jeweils 0.
 M_3 geht zeichenweise über x von links nach rechts und inkrementiert den Zähler auf Band 2, wenn auf Band 1 eine 0 gelesen wird und inkrementiert den Zähler auf Band 3, wenn auf Band 1 eine 1 gelesen wird.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- c) M_3 ist eine 3-Band Turingmaschine, x steht auf Band 1 und auf Band 2 und 3 steht jeweils 0.
 M_3 geht zeichenweise über x von links nach rechts und inkrementiert den Zähler auf Band 2, wenn auf Band 1 eine 0 gelesen wird und inkrementiert den Zähler auf Band 3, wenn auf Band 1 eine 1 gelesen wird.

Hier wird erneut n mal inkrementiert.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- c) M_3 ist eine 3-Band Turingmaschine, x steht auf Band 1 und auf Band 2 und 3 steht jeweils 0.
 M_3 geht zeichenweise über x von links nach rechts und inkrementiert den Zähler auf Band 2, wenn auf Band 1 eine 0 gelesen wird und inkrementiert den Zähler auf Band 3, wenn auf Band 1 eine 1 gelesen wird.

Hier wird erneut n mal inkrementiert. Allerdings nehmen die Zähler auf Band 2 und 3 maximal den Wert n an.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- c) M_3 ist eine 3-Band Turingmaschine, x steht auf Band 1 und auf Band 2 und 3 steht jeweils 0.

M_3 geht zeichenweise über x von links nach rechts und inkrementiert den Zähler auf Band 2, wenn auf Band 1 eine 0 gelesen wird und inkrementiert den Zähler auf Band 3, wenn auf Band 1 eine 1 gelesen wird.

Hier wird erneut n mal inkrementiert. Allerdings nehmen die Zähler auf Band 2 und 3 maximal den Wert n an. Somit hat Inkrementiere eine Laufzeit von $\mathcal{O}(\log n)$.

Aufgabe 1.4

Bestimme die asymptotischen Laufzeiten der folgenden drei Turingmaschinen in O-Notation.

- c) M_3 ist eine 3-Band Turingmaschine, x steht auf Band 1 und auf Band 2 und 3 steht jeweils 0.

M_3 geht zeichenweise über x von links nach rechts und inkrementiert den Zähler auf Band 2, wenn auf Band 1 eine 0 gelesen wird und inkrementiert den Zähler auf Band 3, wenn auf Band 1 eine 1 gelesen wird.

Hier wird erneut n mal inkrementiert. Allerdings nehmen die Zähler auf Band 2 und 3 maximal den Wert n an. Somit hat Inkrementiere eine Laufzeit von $\mathcal{O}(\log n)$.

Der Gesamtaufwand beträgt $\mathcal{O}(n \cdot \log n)$.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.