

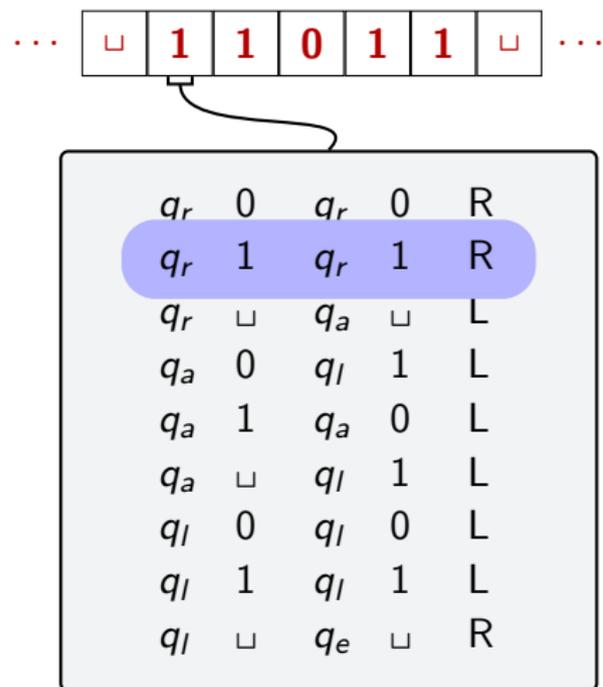
# Theoretische Informatik

## Turingmaschinen

Matthias Heizmann

19. Dezember 2018

# Turingmaschinen



- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\square \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\square$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

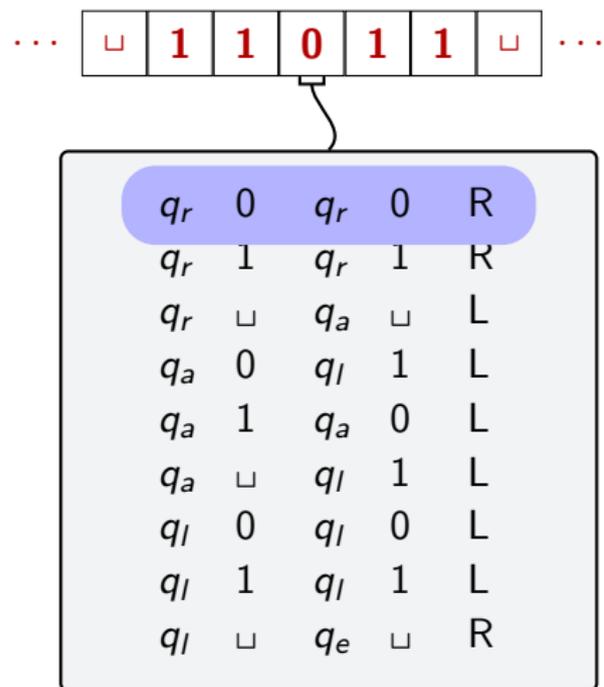
# Turingmaschinen



$q_r$	0	$q_r$	0	R
$q_r$	1	$q_r$	1	R
$q_r$	$\sqcup$	$q_a$	$\sqcup$	L
$q_a$	0	$q_l$	1	L
$q_a$	1	$q_a$	0	L
$q_a$	$\sqcup$	$q_l$	1	L
$q_l$	0	$q_l$	0	L
$q_l$	1	$q_l$	1	L
$q_l$	$\sqcup$	$q_e$	$\sqcup$	R

- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\sqcup \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\sqcup$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

# Turingmaschinen



- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\square \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\square$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

# Turingmaschinen



$q_r$	0	$q_r$	0	R
$q_r$	1	$q_r$	1	R
$q_r$	$\sqcup$	$q_a$	$\sqcup$	L
$q_a$	0	$q_l$	1	L
$q_a$	1	$q_a$	0	L
$q_a$	$\sqcup$	$q_l$	1	L
$q_l$	0	$q_l$	0	L
$q_l$	1	$q_l$	1	L
$q_l$	$\sqcup$	$q_e$	$\sqcup$	R

- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\sqcup \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\sqcup$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

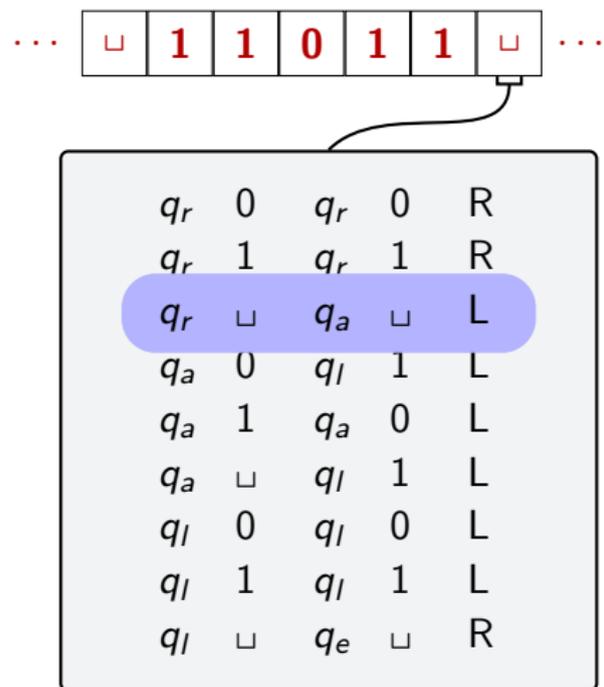
# Turingmaschinen



$q_r$	0	$q_r$	0	R
$q_r$	1	$q_r$	1	R
$q_r$	□	$q_a$	□	L
$q_a$	0	$q_l$	1	L
$q_a$	1	$q_a$	0	L
$q_a$	□	$q_l$	1	L
$q_l$	0	$q_l$	0	L
$q_l$	1	$q_l$	1	L
$q_l$	□	$q_e$	□	R

- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\square \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\square$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

# Turingmaschinen



- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\square \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\square$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

# Turingmaschinen



$q_r$	0	$q_r$	0	R
$q_r$	1	$q_r$	1	R
$q_r$	$\square$	$q_a$	$\square$	L
$q_a$	0	$q_l$	1	L
$q_a$	1	$q_a$	0	L
$q_a$	$\square$	$q_l$	1	L
$q_l$	0	$q_l$	0	L
$q_l$	1	$q_l$	1	L
$q_l$	$\square$	$q_e$	$\square$	R

- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\square \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\square$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

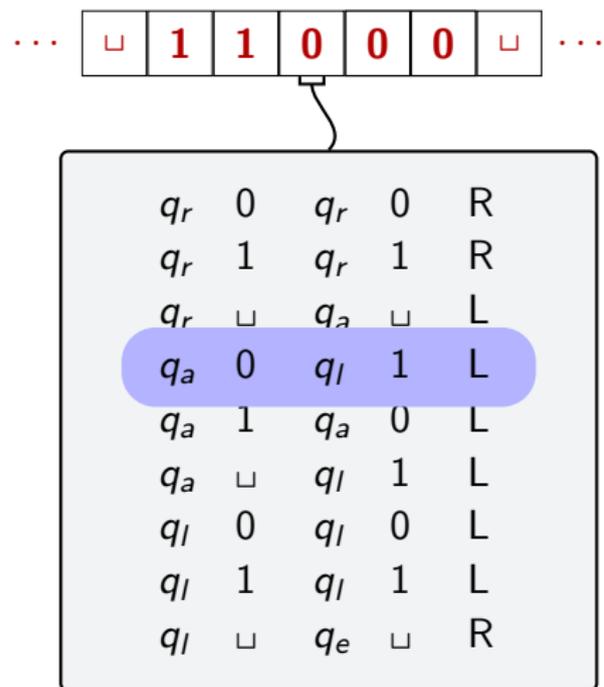
# Turingmaschinen



$q_r$	0	$q_r$	0	R
$q_r$	1	$q_r$	1	R
$q_r$	$\square$	$q_a$	$\square$	L
$q_a$	0	$q_l$	1	L
$q_a$	1	$q_a$	0	L
$q_a$	$\square$	$q_l$	1	L
$q_l$	0	$q_l$	0	L
$q_l$	1	$q_l$	1	L
$q_l$	$\square$	$q_e$	$\square$	R

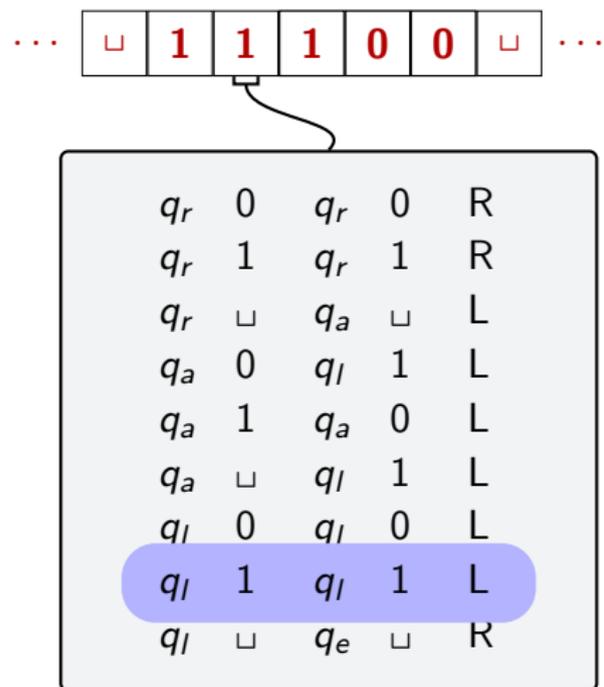
- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\square \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\square$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

# Turingmaschinen



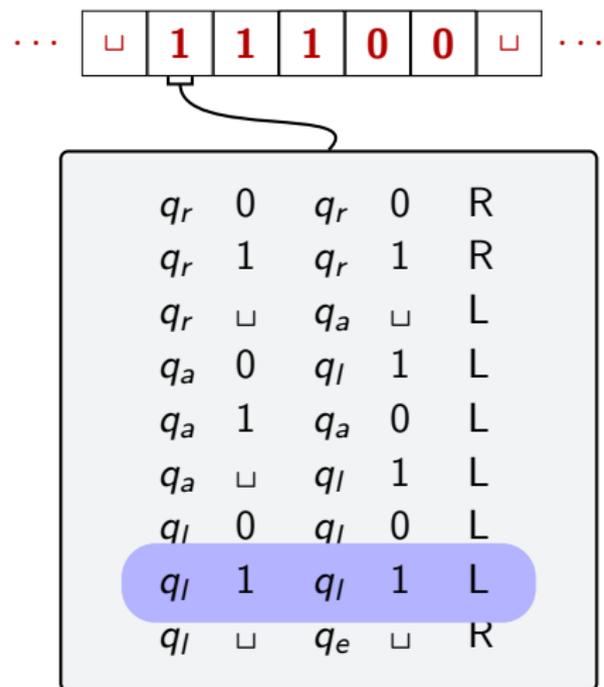
- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\sqcup \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\sqcup$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

# Turingmaschinen



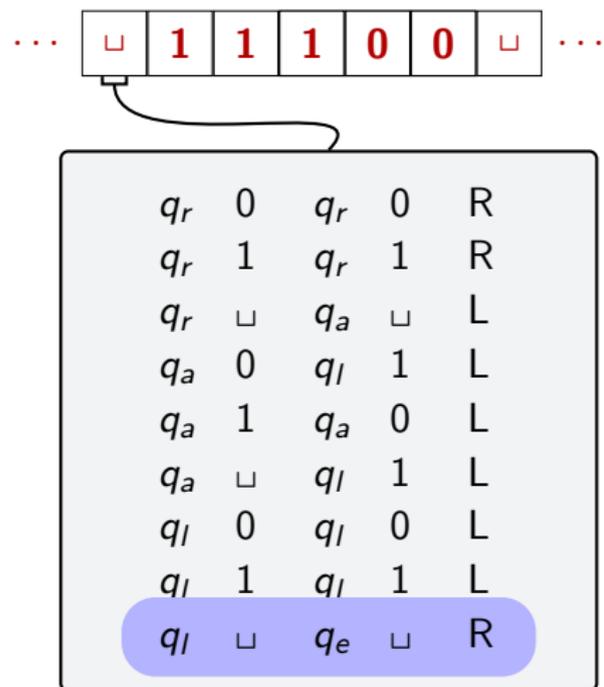
- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\square \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\square$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

# Turingmaschinen



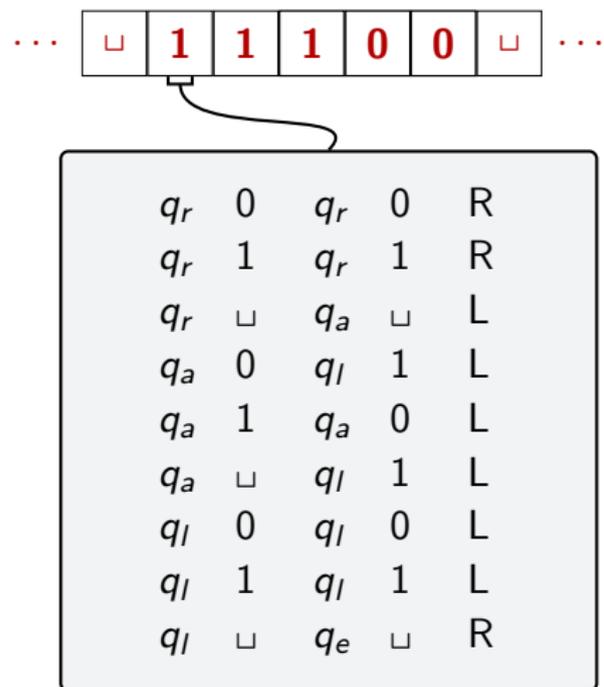
- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\square \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\square$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

# Turingmaschinen



- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\square \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\square$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

# Turingmaschinen



- unendliches Band beschriftet mit Symbolen aus Bandalphabet  $\Gamma$ 
  - $\Sigma \subseteq \Gamma$
  - $\sqcup \in \Gamma \setminus \Sigma$
  - zu Beginn gefüllt mit  $w \in \Sigma^*$ , Rest  $\sqcup$
- Kopf
  - liest aktuelles Symbol
  - schreibt neues Symbol
  - Bewegung: L, R, N
  - zu Beginn auf erstem Symbol von  $w$
- endlich viele Zustände
  - akzeptierende Zustände
- Turingtabelle

$L = \{w \in \{0,1\}^* \mid w \text{ ist ein Palindrom gerader Länge}\}$

... 

□	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	□
---	----------	----------	----------	----------	---

 ...

$q_s \quad \sqcup \quad q_e \quad \sqcup \quad N$

$L = \{w \in \{0,1\}^* \mid w \text{ ist ein Palindrom gerader Länge}\}$

... 

□	0	1	1	0	□
---	---	---	---	---	---

 ...

$q_s$	□	$q_e$	□	N
$q_s$	0	$q_0$	□	R
$q_s$	1	$q_1$	□	R

# Turingmaschinen

$L = \{w \in \{0,1\}^* \mid w \text{ ist ein Palindrom gerader Länge}\}$

... 

□	0	1	1	0	□
---	---	---	---	---	---

 ...

$q_s$	□	$q_e$	□	N
$q_s$	0	$q_0$	□	R
$q_s$	1	$q_1$	□	R
$q_0$	0	$q_0$	0	R
$q_0$	1	$q_0$	1	R
$q_1$	0	$q_1$	0	R
$q_1$	1	$q_1$	1	R

# Turingmaschinen

$L = \{w \in \{0,1\}^* \mid w \text{ ist ein Palindrom gerader Länge}\}$

...  $\sqcup$  **0** **1** **1** **0**  $\sqcup$  ...

$q_s$	$\sqcup$	$q_e$	$\sqcup$	N
$q_s$	0	$q_0$	$\sqcup$	R
$q_s$	1	$q_1$	$\sqcup$	R
$q_0$	0	$q_0$	0	R
$q_0$	1	$q_0$	1	R
$q_0$	$\sqcup$	$q'_0$	$\sqcup$	L
$q_1$	0	$q_1$	0	R
$q_1$	1	$q_1$	1	R
$q_1$	$\sqcup$	$q'_1$	$\sqcup$	L

# Turingmaschinen

$L = \{w \in \{0,1\}^* \mid w \text{ ist ein Palindrom gerader Länge}\}$

...  $\square$  **0** **1** **1** **0**  $\square$  ...

$q_s$	$\square$	$q_e$	$\square$	N	$q'_0$	0	$q_l$	$\square$	L
$q_s$	0	$q_0$	$\square$	R	$q'_1$	1	$q_l$	$\square$	L
$q_s$	1	$q_1$	$\square$	R					
$q_0$	0	$q_0$	0	R					
$q_0$	1	$q_0$	1	R					
$q_0$	$\square$	$q'_0$	$\square$	L					
$q_1$	0	$q_1$	0	R					
$q_1$	1	$q_1$	1	R					
$q_1$	$\square$	$q'_1$	$\square$	L					

# Turingmaschinen

$L = \{w \in \{0,1\}^* \mid w \text{ ist ein Palindrom gerader Länge}\}$

...  $\square$  **0** **1** **1** **0**  $\square$  ...

$q_s$	$\square$	$q_e$	$\square$	N	$q'_0$	0	$q_l$	$\square$	L
$q_s$	0	$q_0$	$\square$	R	$q'_1$	1	$q_l$	$\square$	L
$q_s$	1	$q_1$	$\square$	R	$q_l$	0	$q_l$	0	L
$q_0$	0	$q_0$	0	R	$q_l$	1	$q_l$	1	L
$q_0$	1	$q_0$	1	R					
$q_0$	$\square$	$q'_0$	$\square$	L					
$q_1$	0	$q_1$	0	R					
$q_1$	1	$q_1$	1	R					
$q_1$	$\square$	$q'_1$	$\square$	L					

# Turingmaschinen

$L = \{w \in \{0, 1\}^* \mid w \text{ ist ein Palindrom gerader Länge}\}$

... 

□	0	1	1	0	□
---	---	---	---	---	---

 ...

$q_s$	□	$q_e$	□	N	$q'_0$	0	$q_l$	□	L
$q_s$	0	$q_0$	□	R	$q'_1$	1	$q_l$	□	L
$q_s$	1	$q_1$	□	R	$q_l$	0	$q_l$	0	L
$q_0$	0	$q_0$	0	R	$q_l$	1	$q_l$	1	L
$q_0$	1	$q_0$	1	R	$q_l$	□	$q_s$	□	R
$q_0$	□	$q'_0$	□	L					
$q_1$	0	$q_1$	0	R					
$q_1$	1	$q_1$	1	R					
$q_1$	□	$q'_1$	□	L					