

# ALP I

## Die Universelle-Turing-Maschine

### Teil II

WS 2012/2013

Prof. Dr. Margarita Esponda

# Die Universelle-Turing-Maschine

Eine Universelle-Turing-Maschine kann eine beliebige Turing-Maschine simulieren.

Die Zustandstabelle einer beliebigen **TM** kann in kodierter Form auf dem Lese/Schreibe-Band gespeichert werden und zusammen mit einem konkreten Eingabe-String simuliert werden.

## Die Universelle-Turing-Maschine

- ein erstes Modell einer Universellen-Turing-Maschine wurde von Turing selbst vorgestellt.
- erstes Konzept eines gespeicherten Programms vor [von Neumann](#), und bevor es Rechner gab!

UTM



Rogozhin, Yu. V. "Seven Universal Turing Machines." 1982.

# Die Universelle-Turing-Maschine

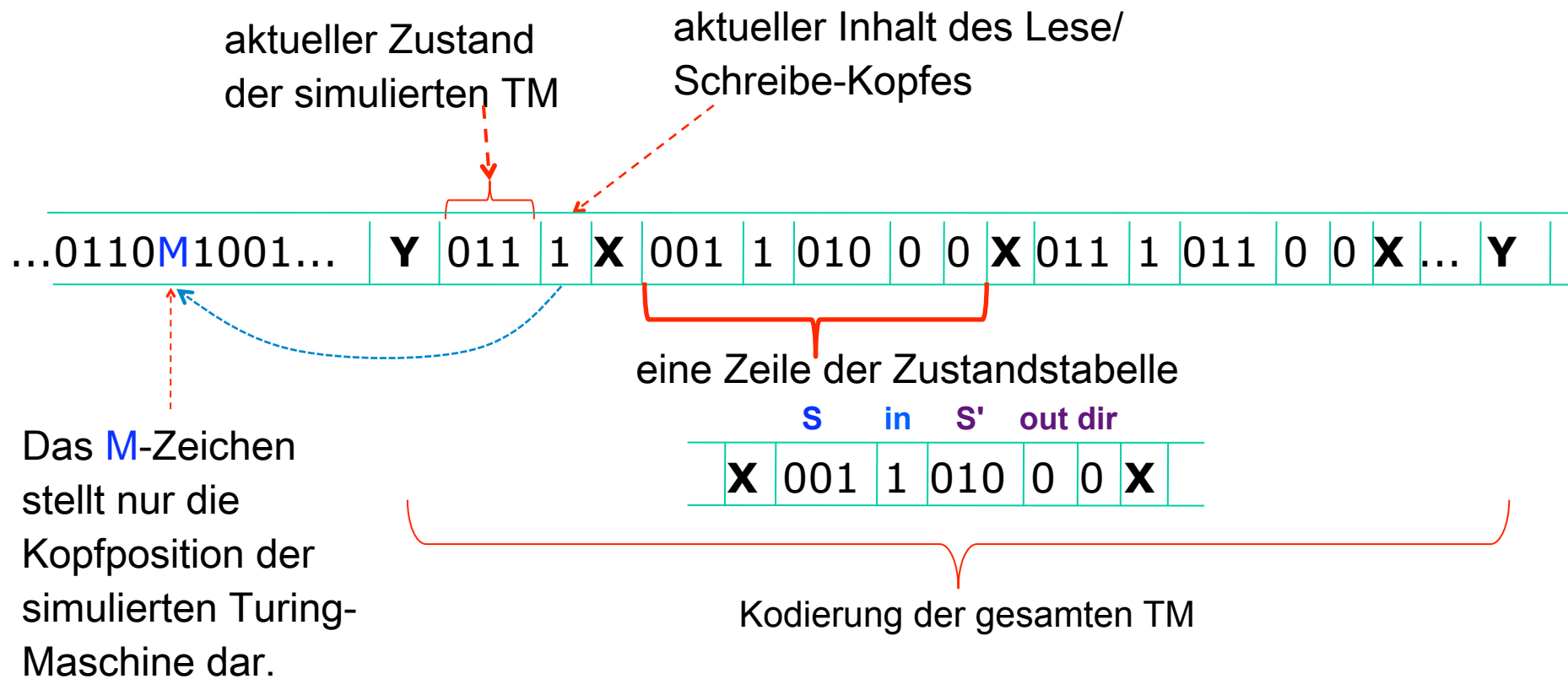
## von Minsky

Minsky M.L. "Computation: Finite and Infinite Machines", Prentice Hall-Verlag, 1967

- Zustände und Zahlen werden mit Binärzahlen kodiert
- ein **Y** wird verwendet, um die Kodierung der gesamten Zustandstabelle zusammen mit ihrem aktuellen Zustand abzugrenzen.
- ein **X** wird verwendet, um die einzelnen Zeilen der Zustandstabelle zu trennen.
- ein **M** bezeichnet die aktuelle Position des simulierten Lese/Schreibe-Kopfes.

# Die Universelle-Turing-Maschine

Minsky (1967)

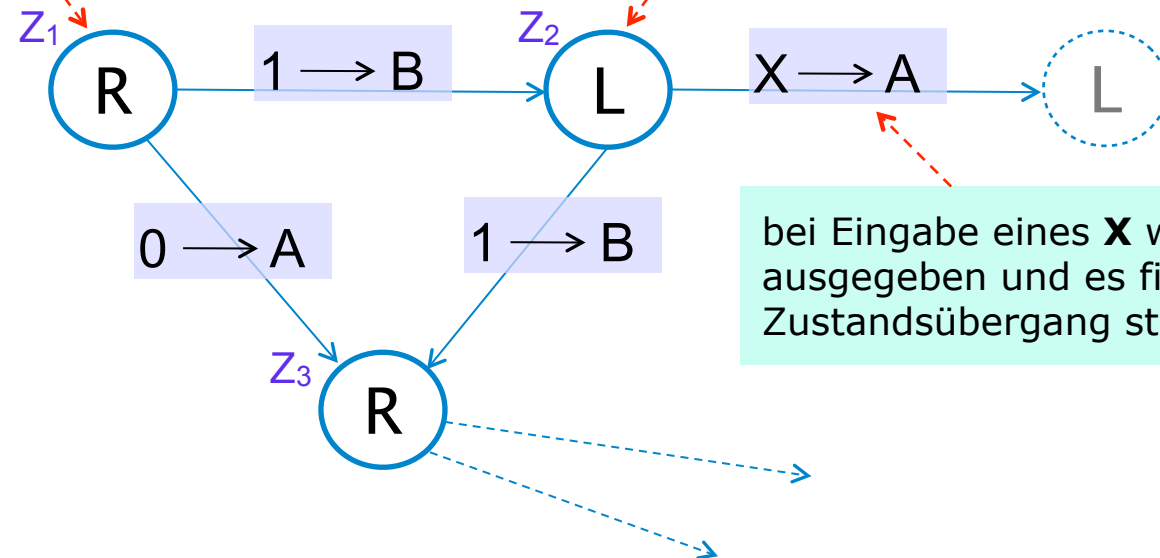


## Die Universelle-Turing-Maschine

Die von Minsky verwendete graphische Darstellung seiner UTM wird wie folgt interpretiert:

$Z_1$  stellt eine Zustandsschleife, die alle Eingaben außer **0** und **1** ignoriert und den Kopf der UTM nach rechts bewegt, dar.

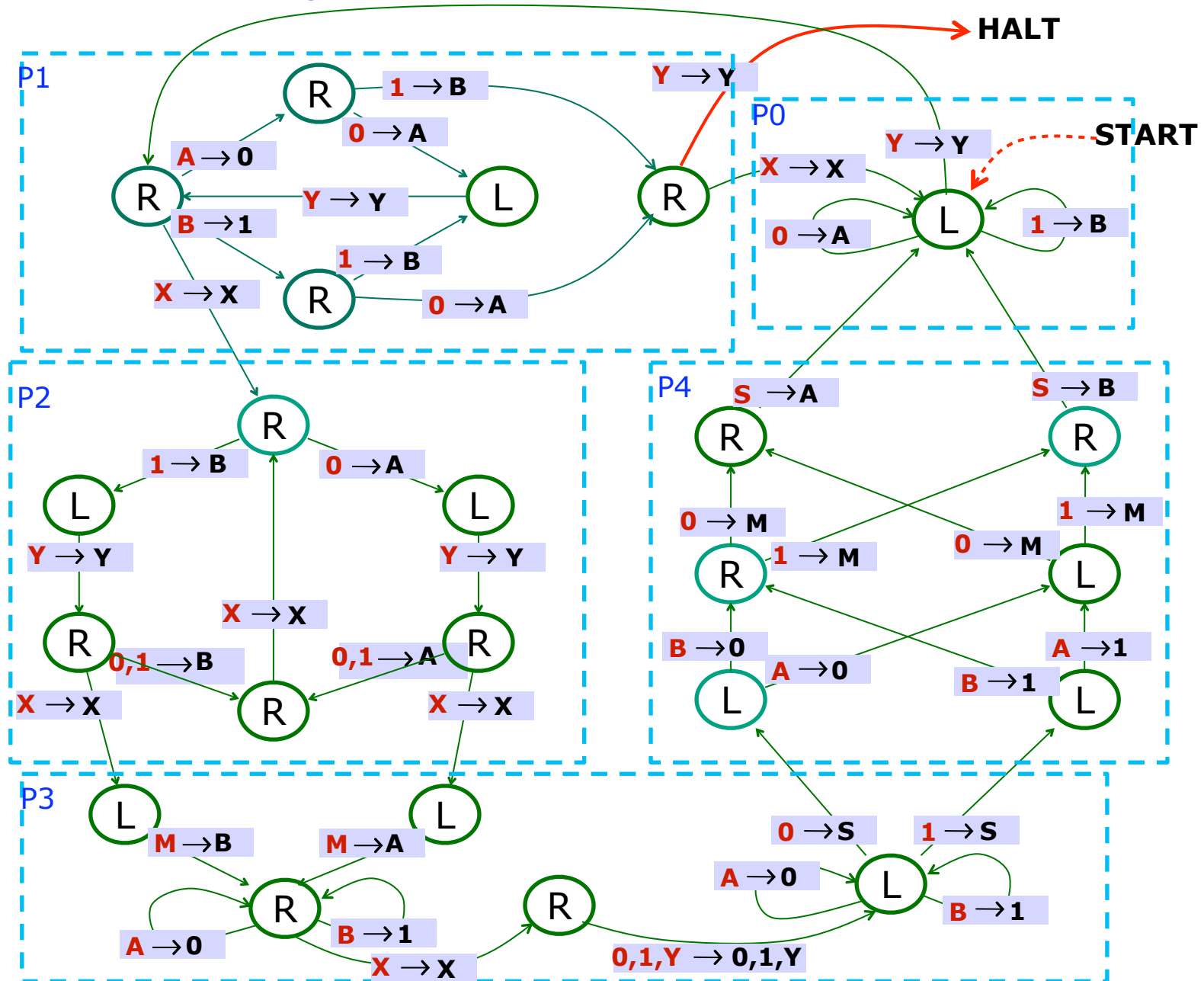
hier wird der Kopf bei beliebiger Zeicheneingabe außer **X** und **1** nach links bewegt.



bei Eingabe eines **X** wird ein **A** ausgegeben und es findet ein Zustandsübergang statt.

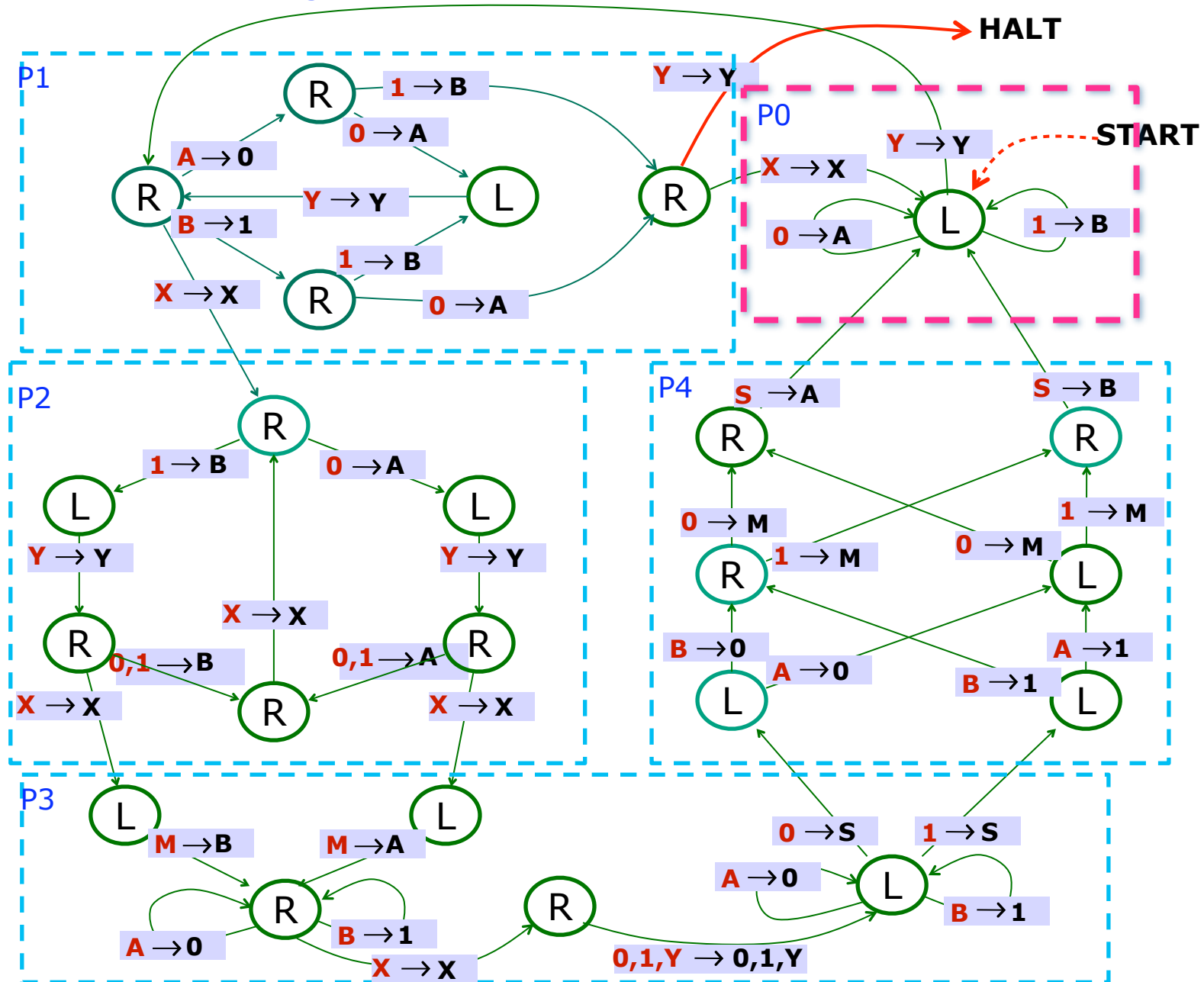
# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)



# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

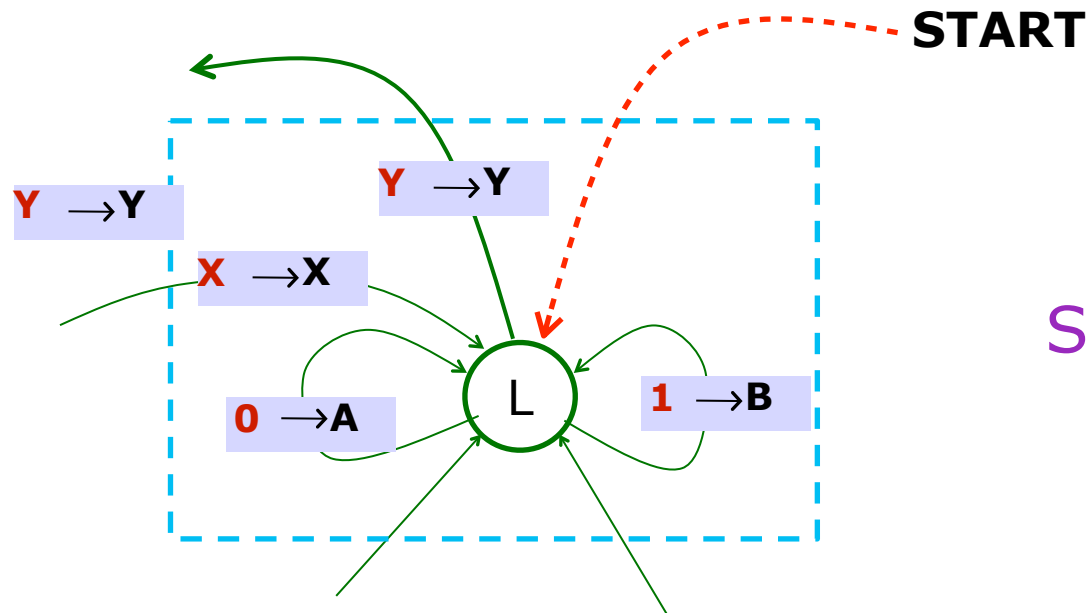




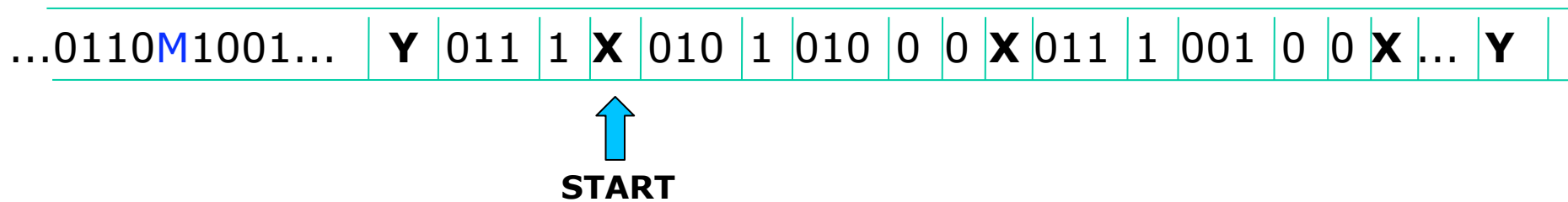
# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P0



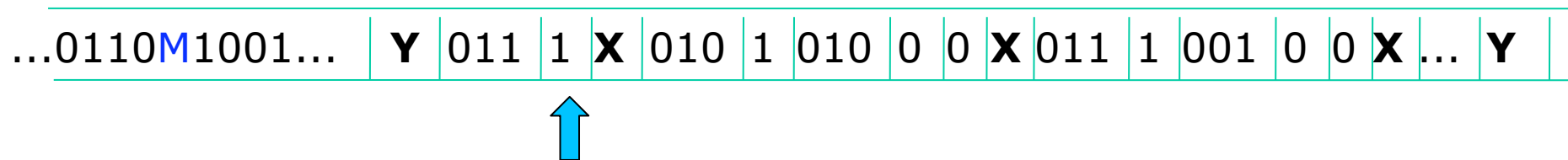
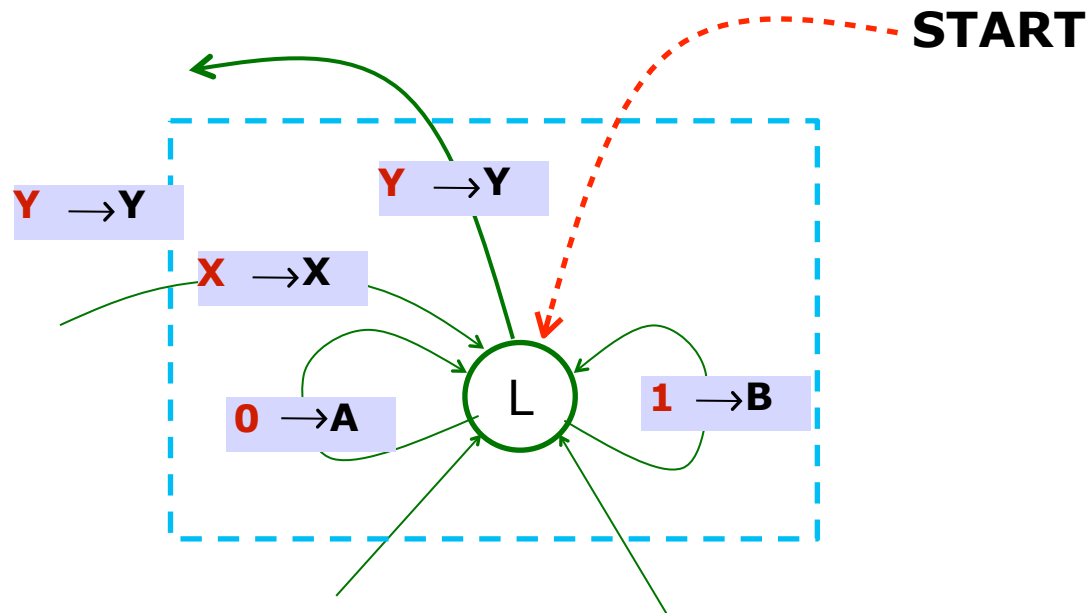
Start-Konfiguration



# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

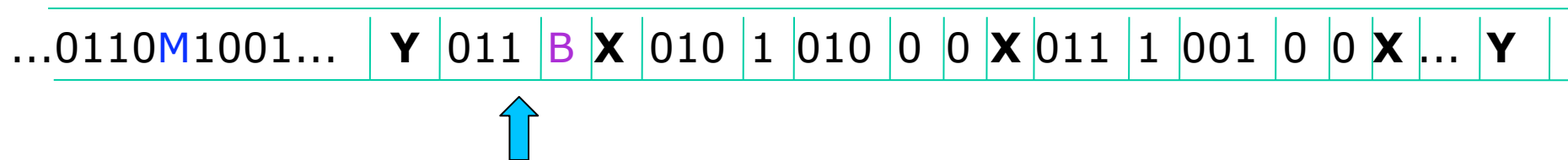
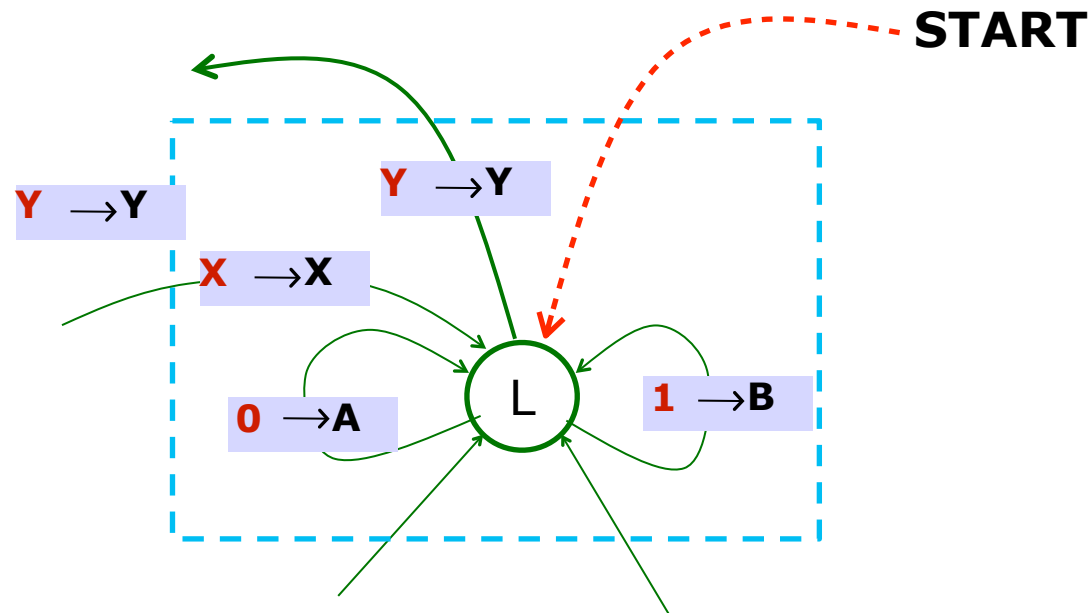
P0



# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

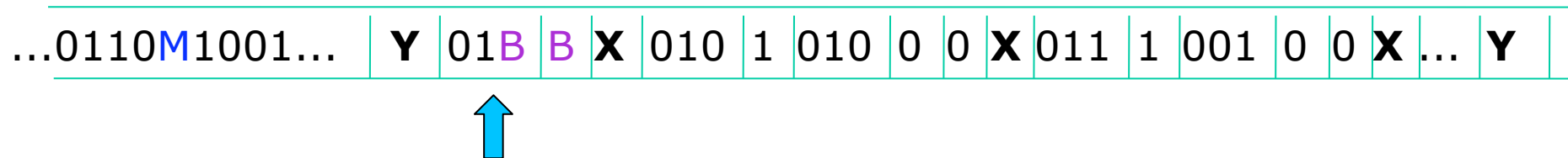
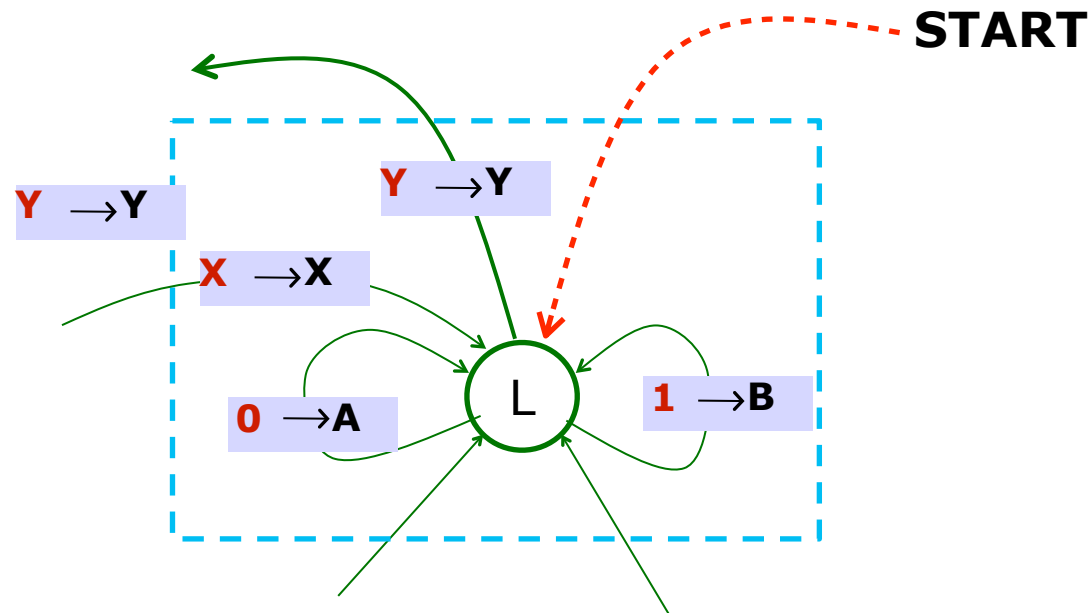
P0



# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

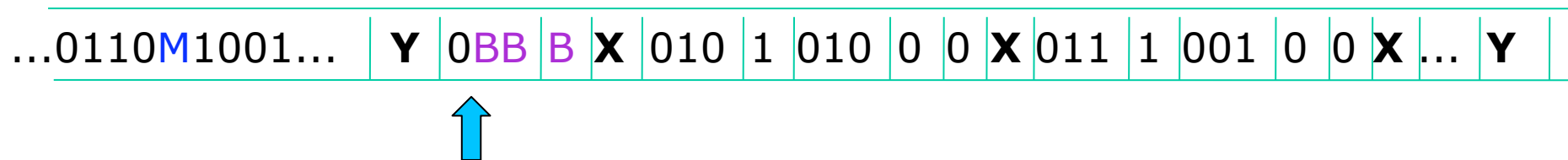
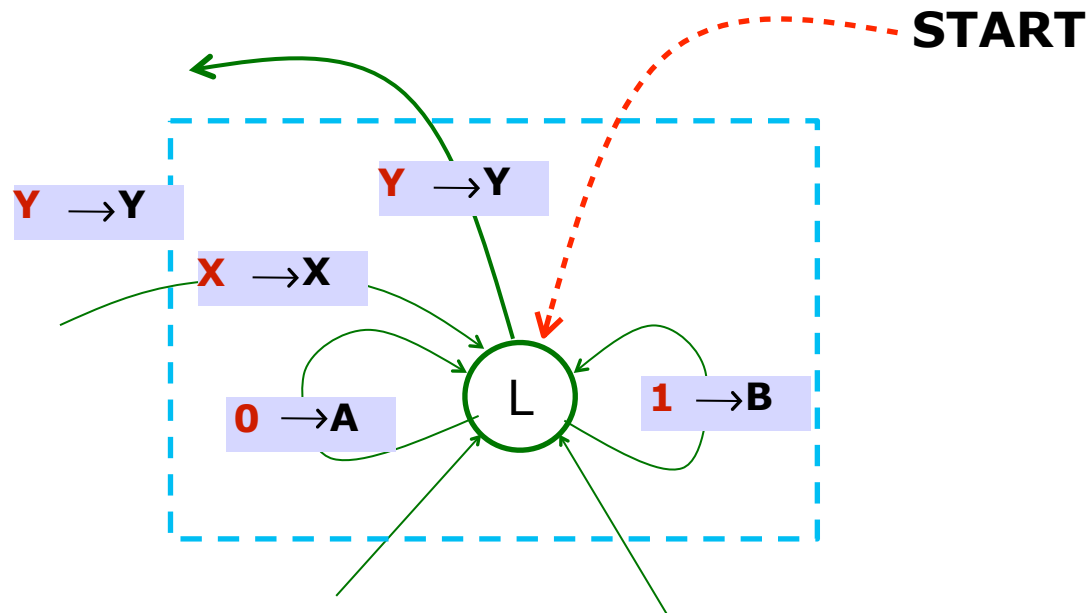
P0



# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

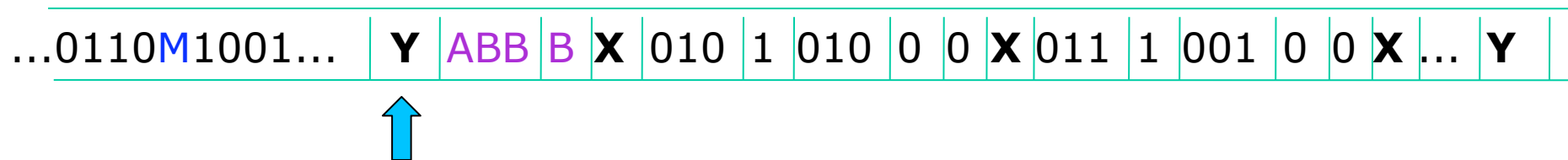
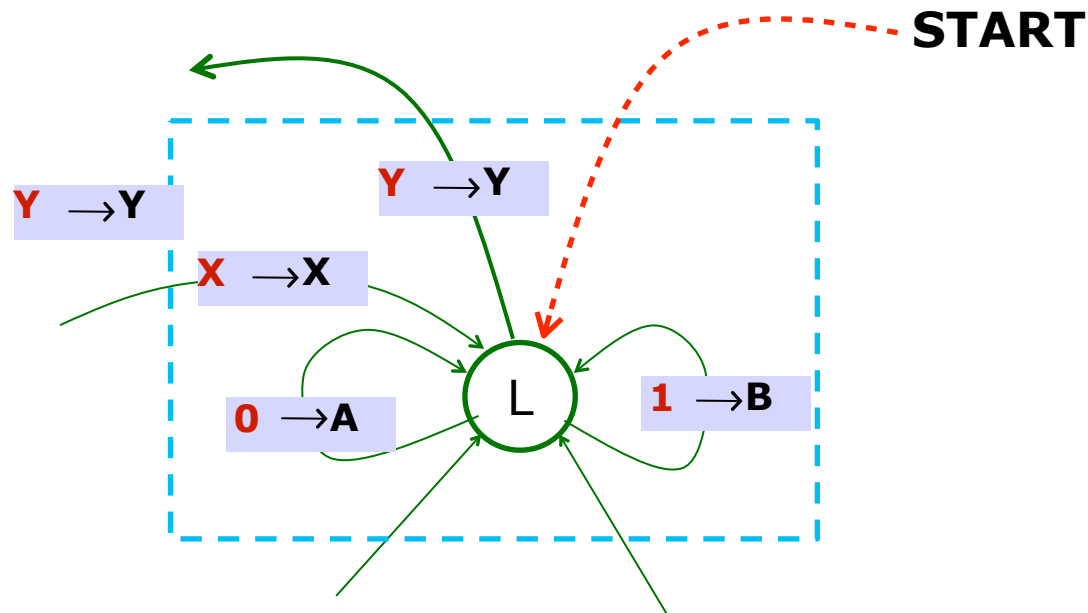
P0



# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

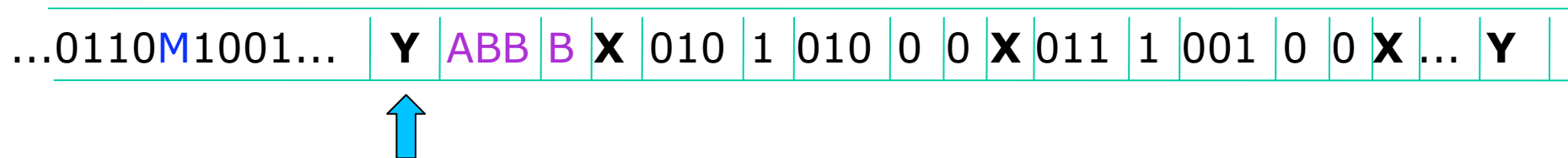
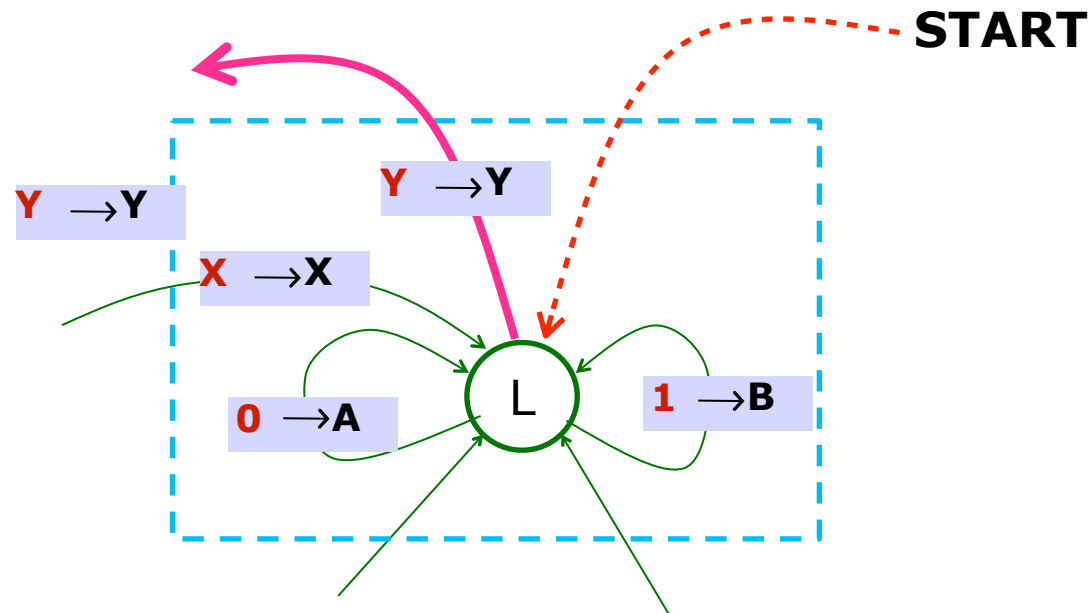
P0



# Die Universelle-Turing-Maschine

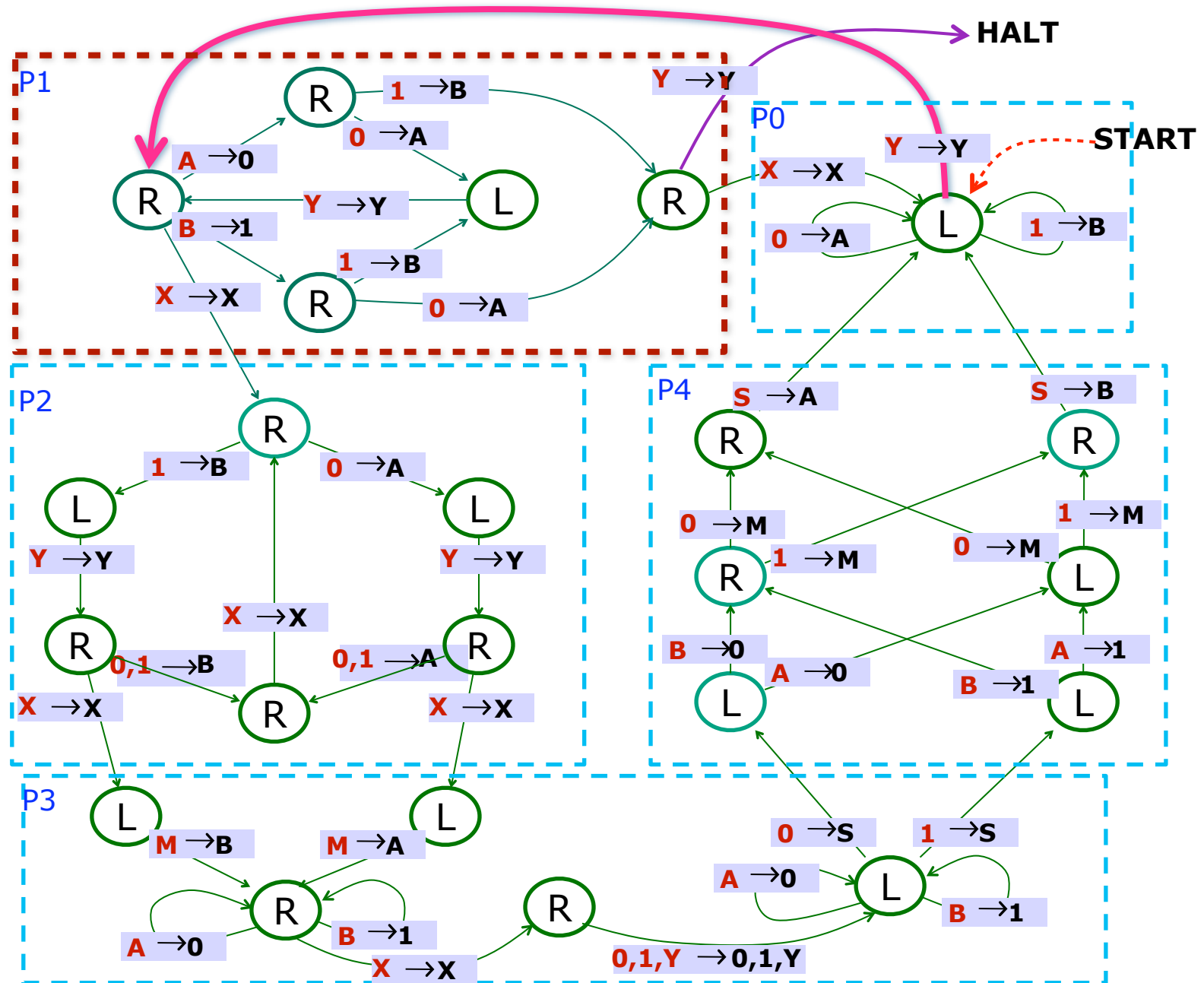
nach Minsky (1967)

P0



# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

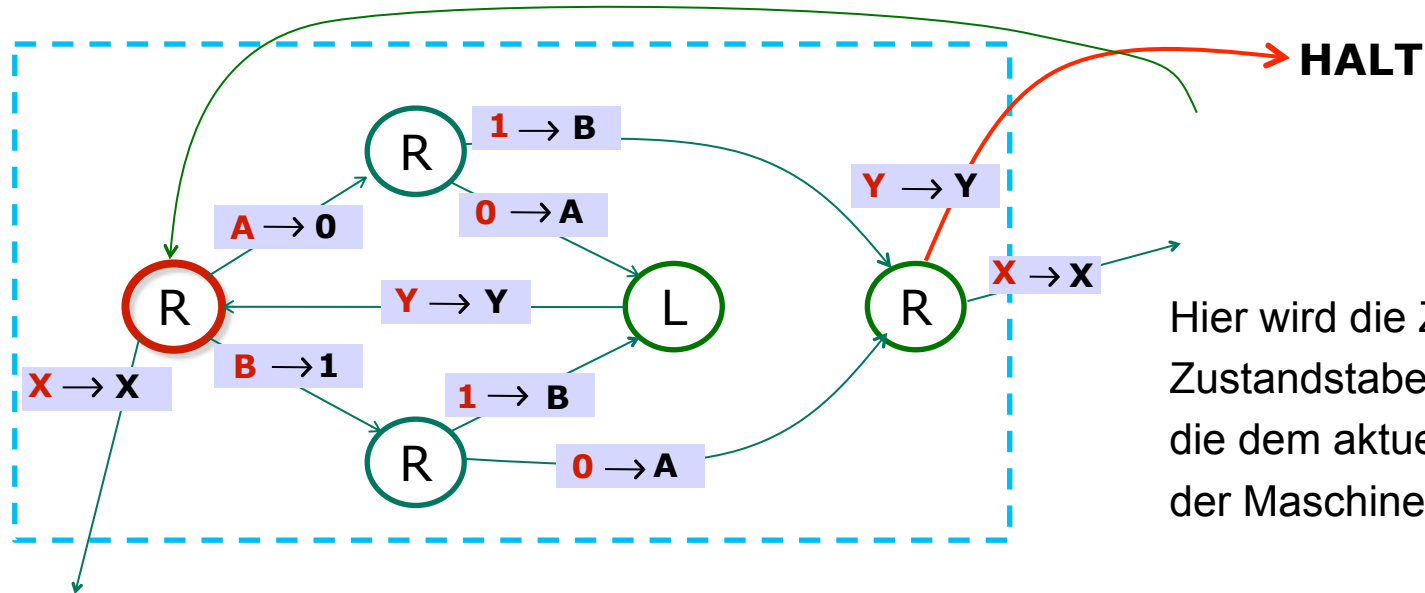




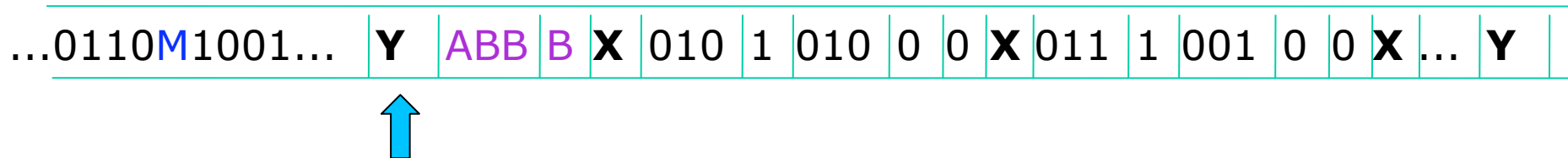
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



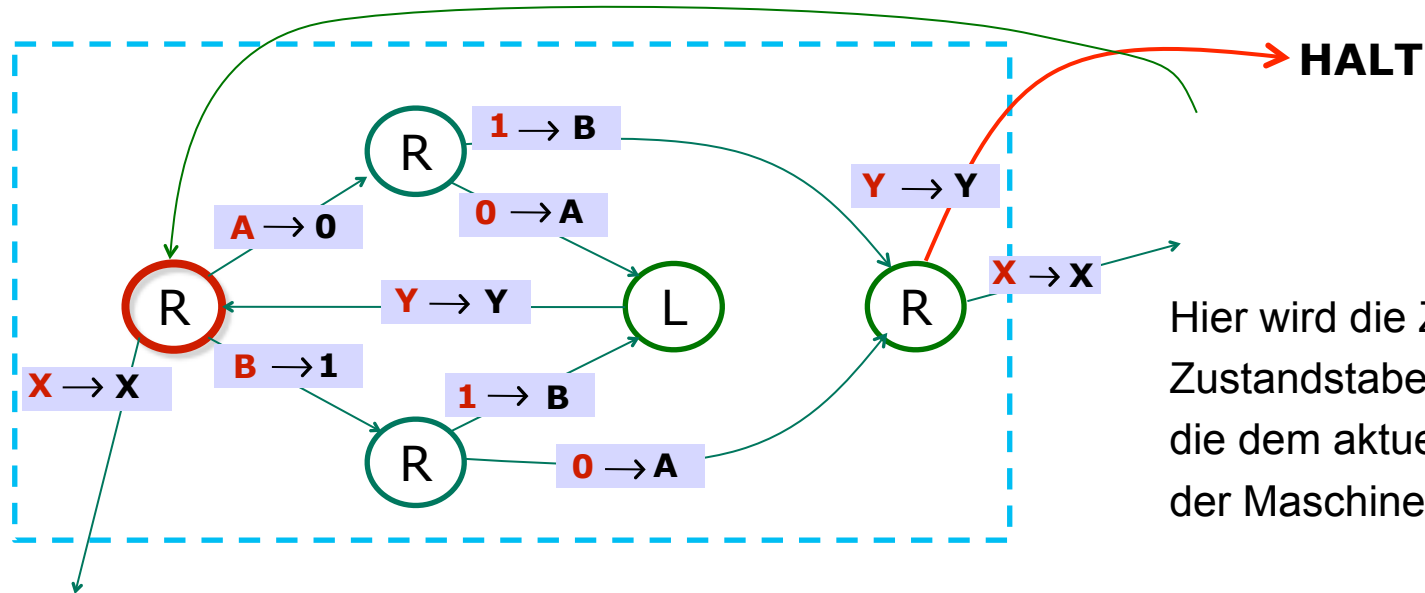
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



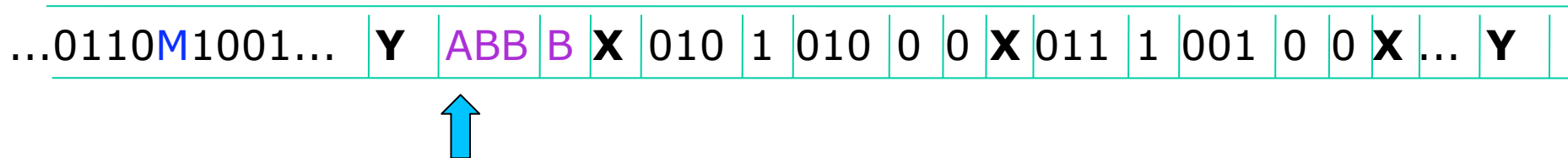
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



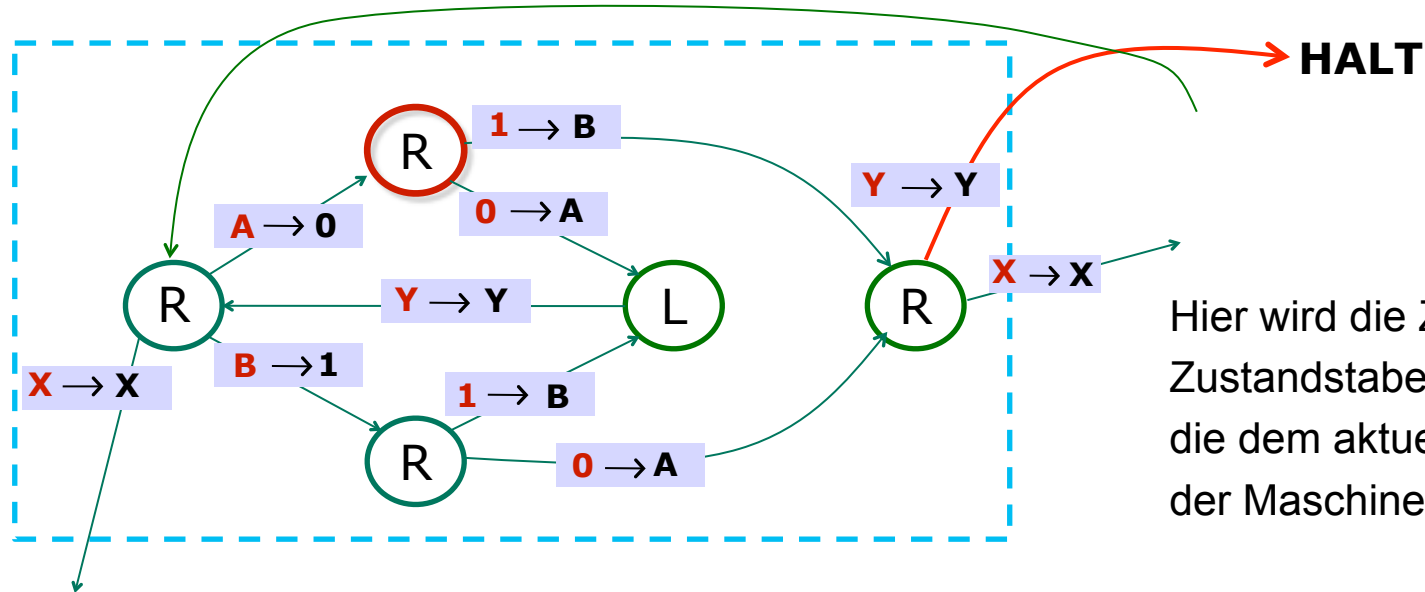
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



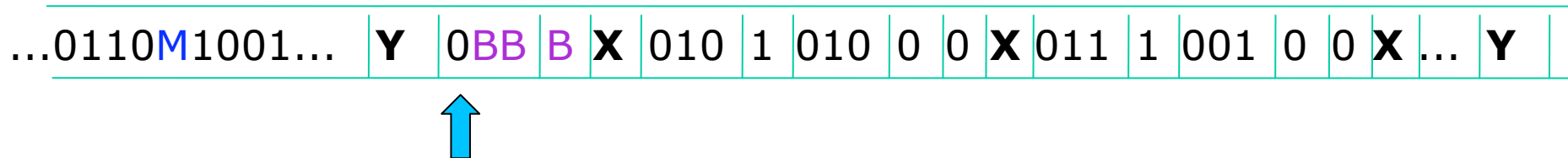
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



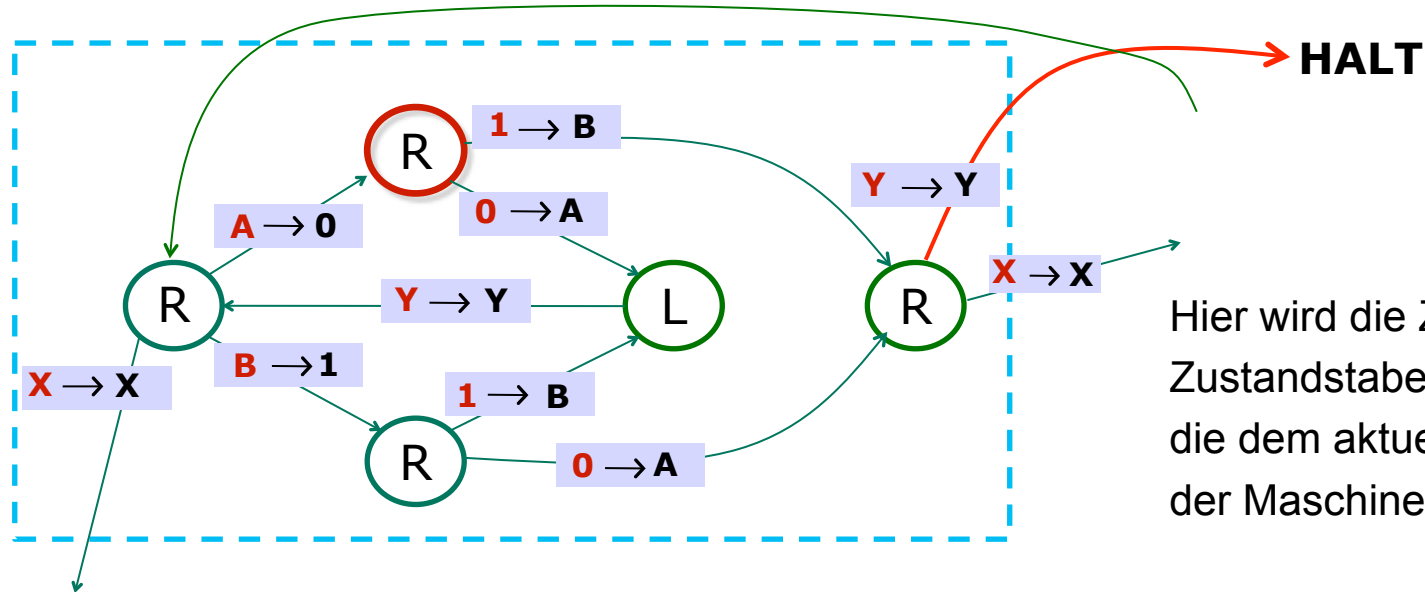
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



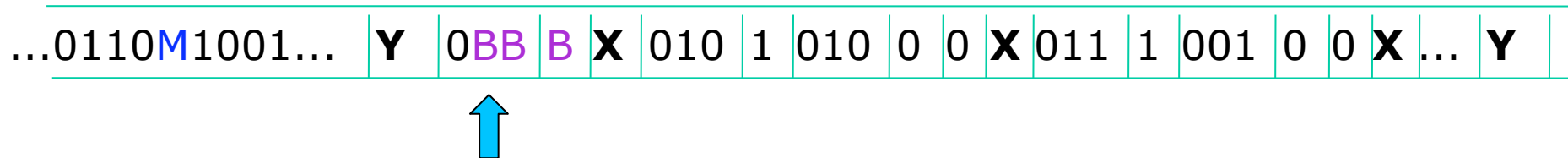
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1

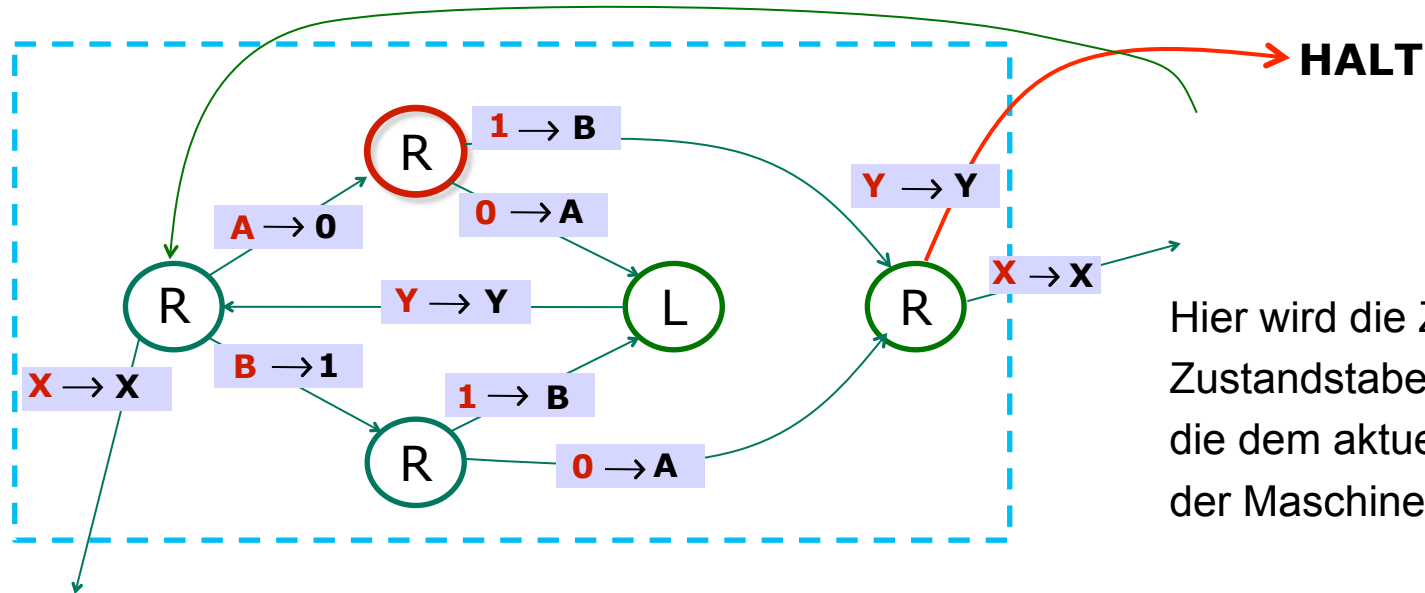


Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

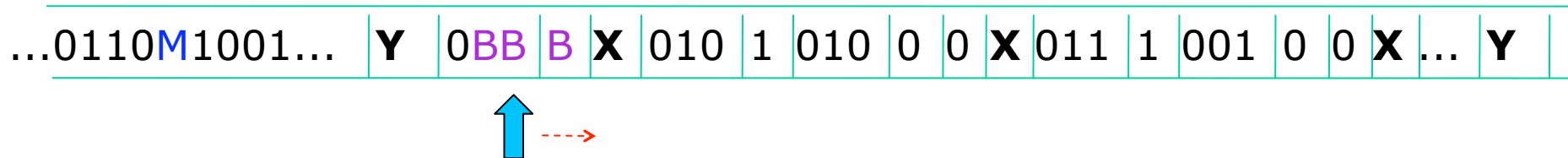


nach Minsky (1967)

P1



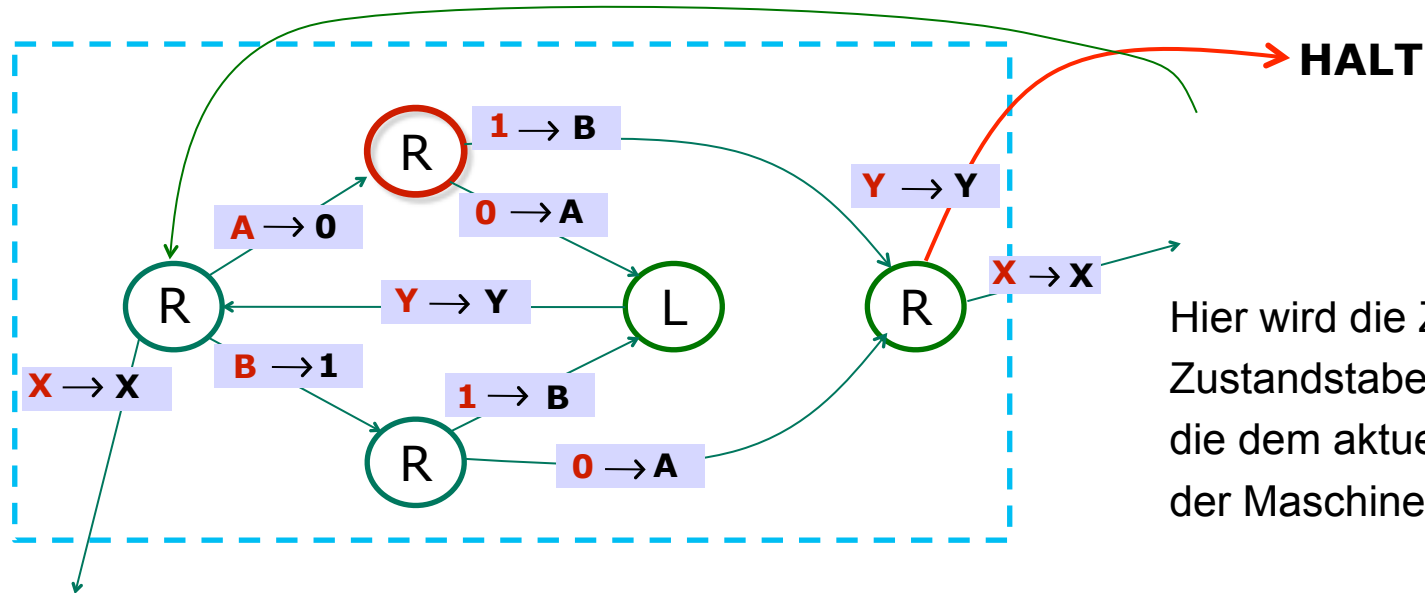
Hier wird die Zeile der  
Zustandstabelle gesucht,  
die dem aktuellen Zustand  
der Maschine entspricht



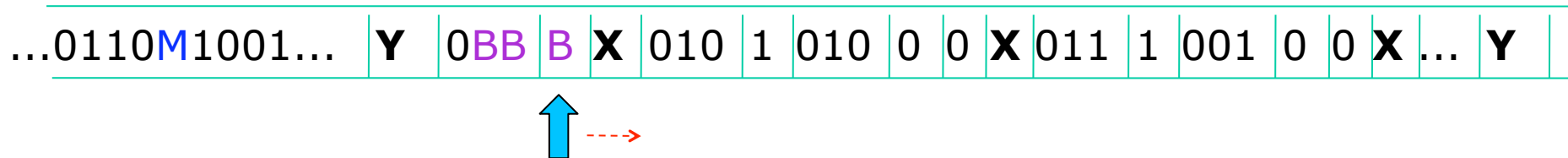
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



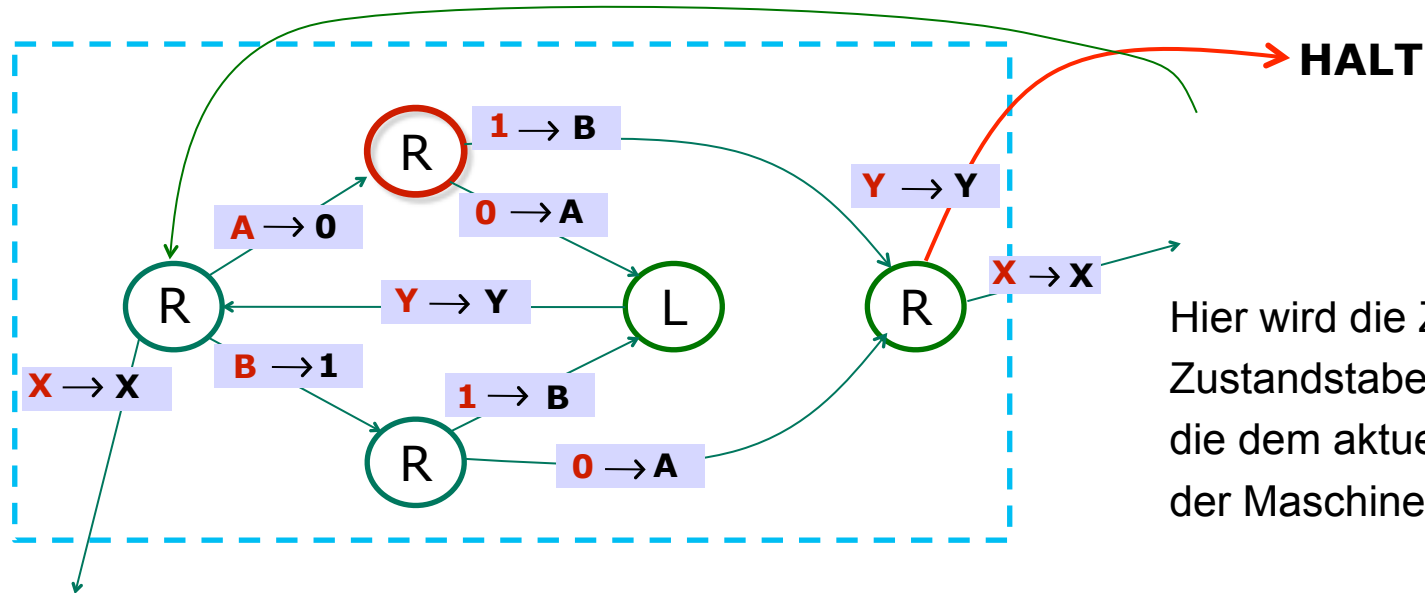
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



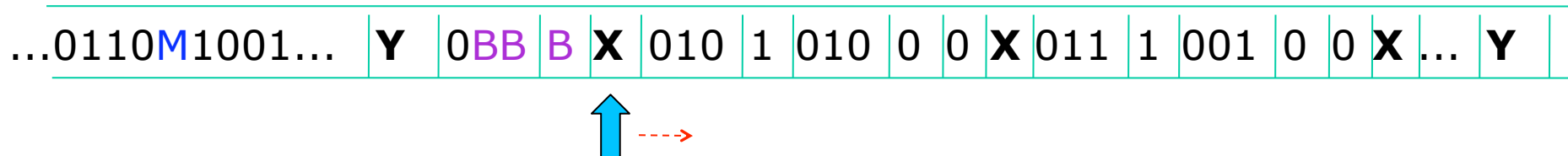
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1

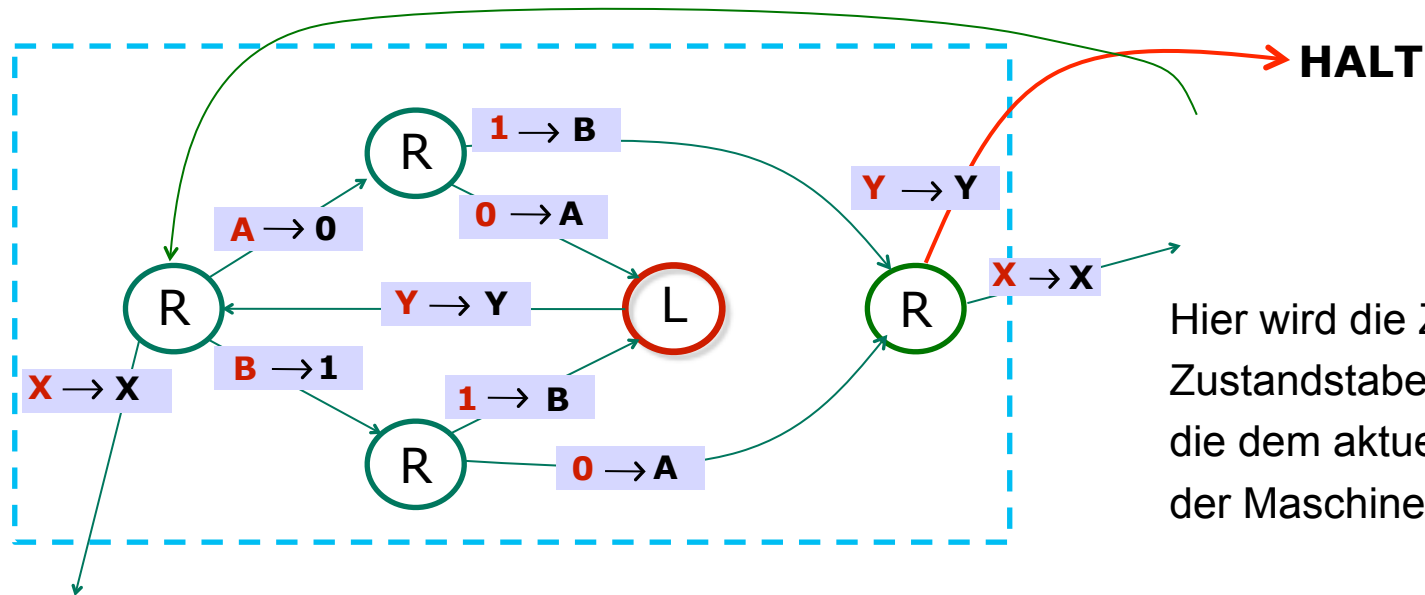


Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

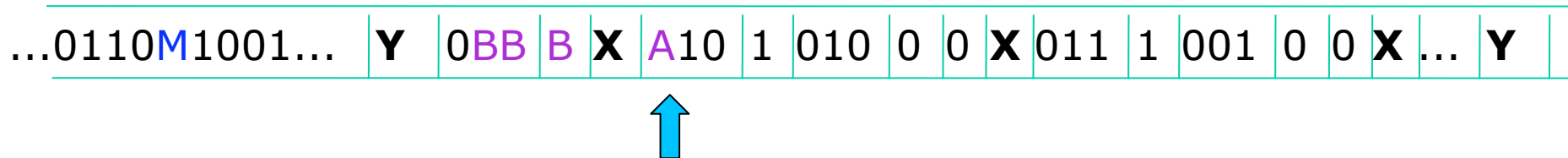


nach Minsky (1967)

P1



Hier wird die Zeile der  
Zustandstabelle gesucht,  
die dem aktuellen Zustand  
der Maschine entspricht

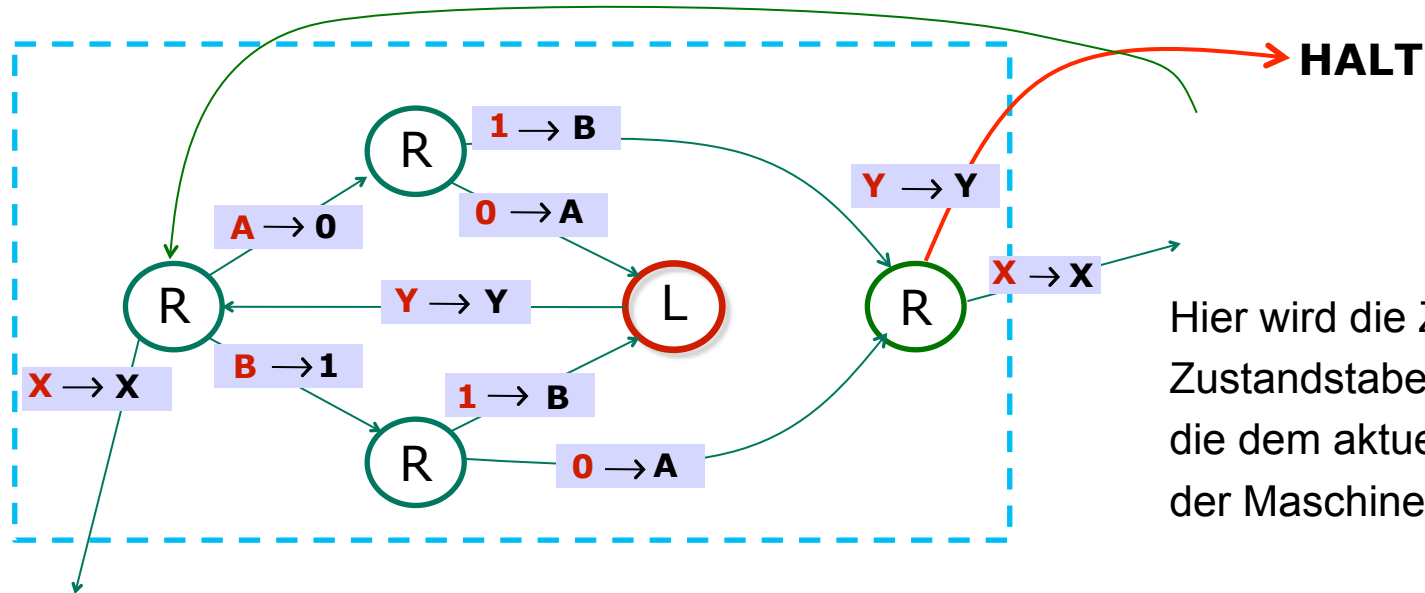




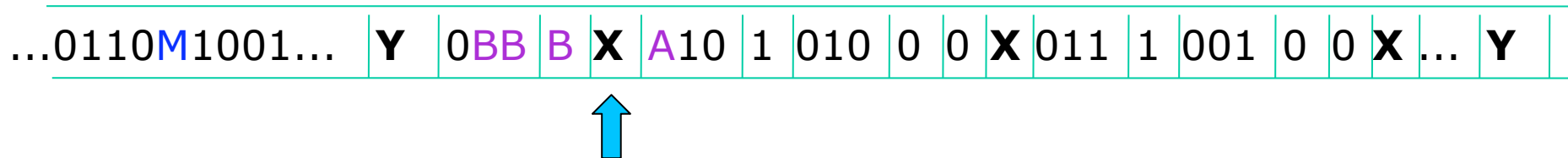
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1

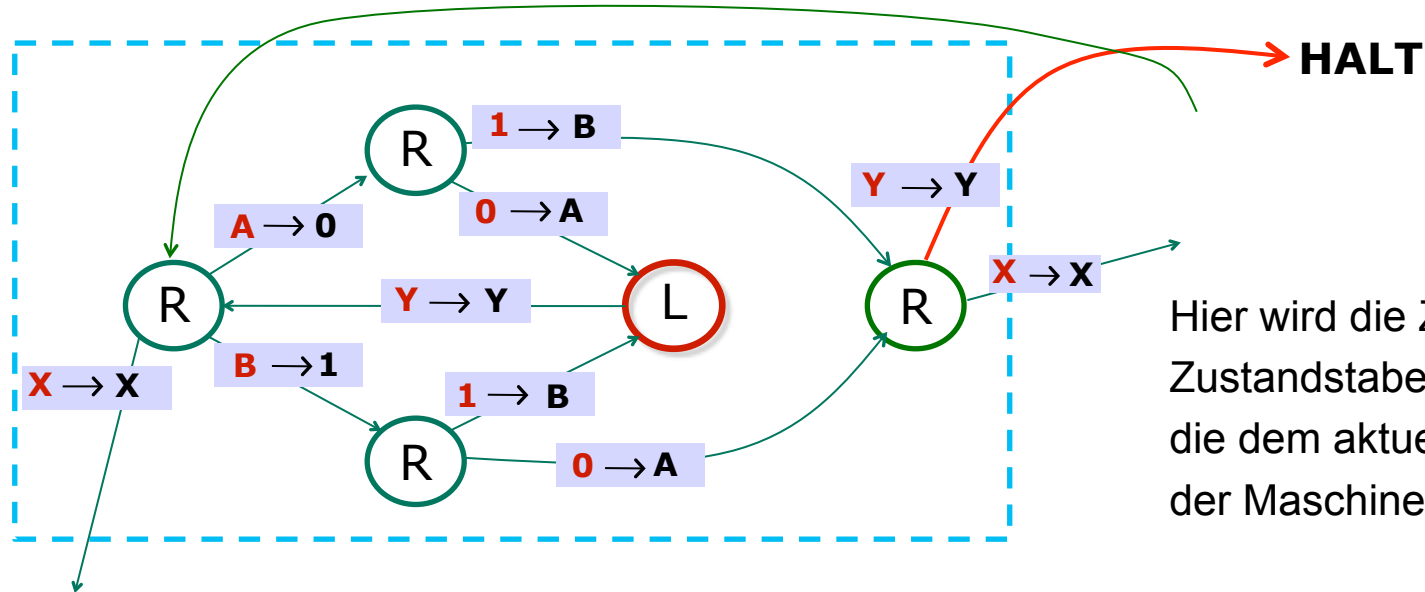


Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

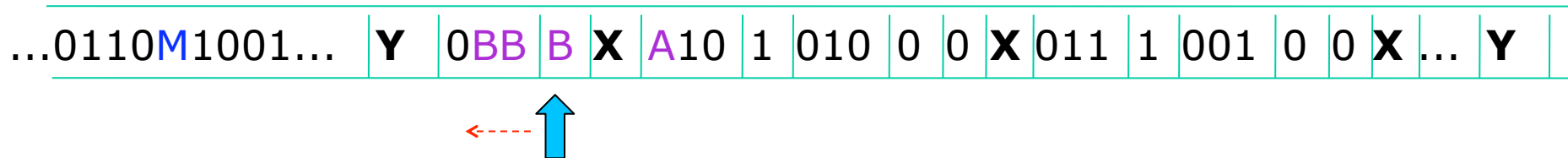


nach Minsky (1967)

P1



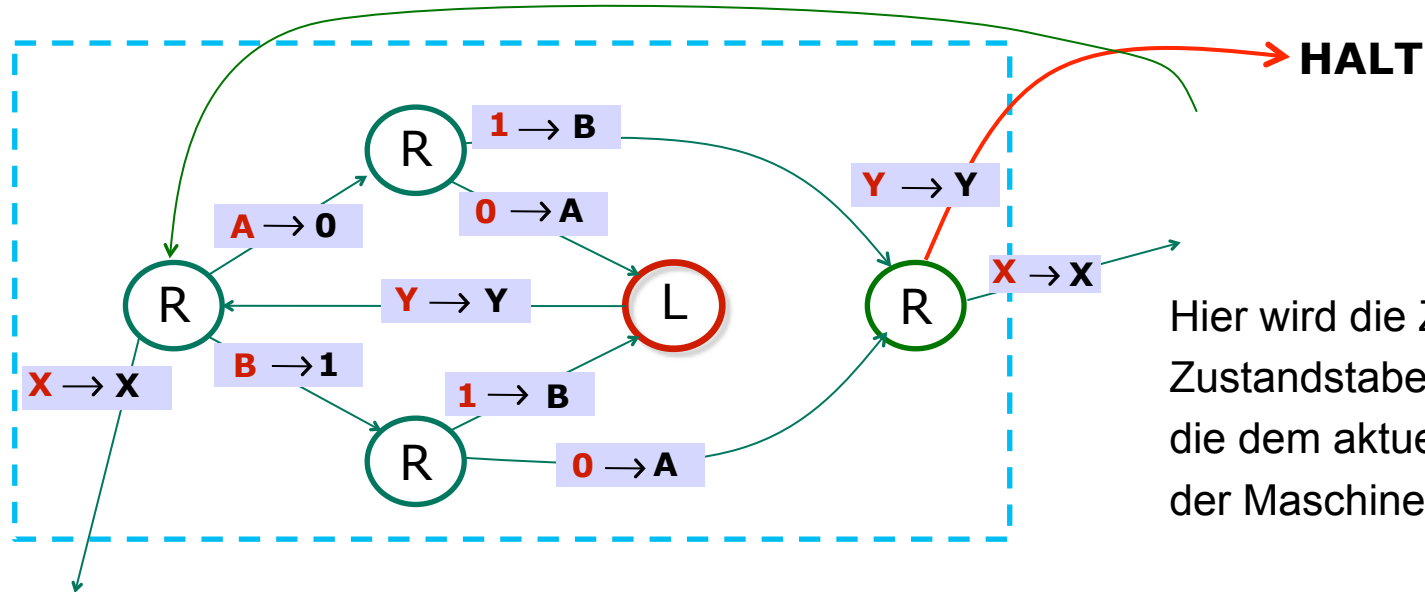
Hier wird die Zeile der  
Zustandstabelle gesucht,  
die dem aktuellen Zustand  
der Maschine entspricht



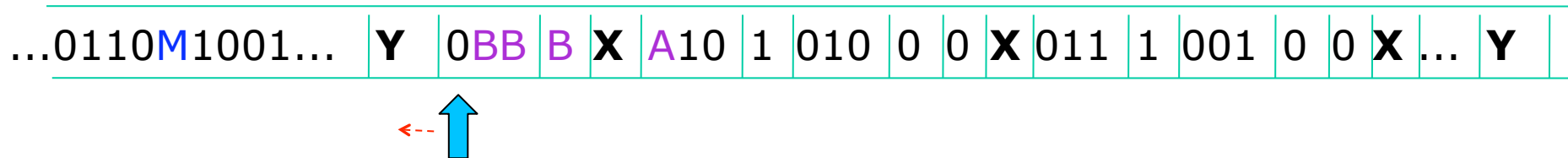
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



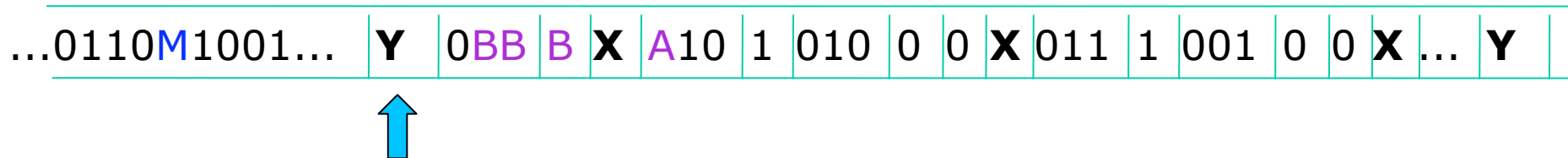
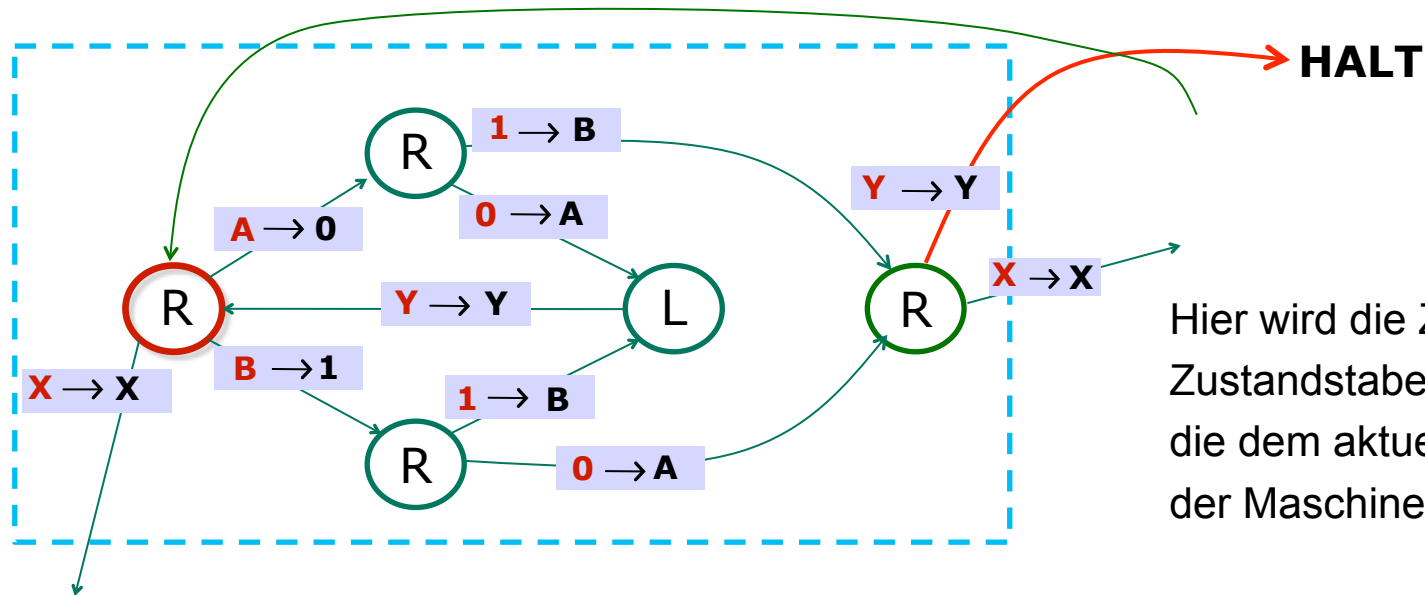
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

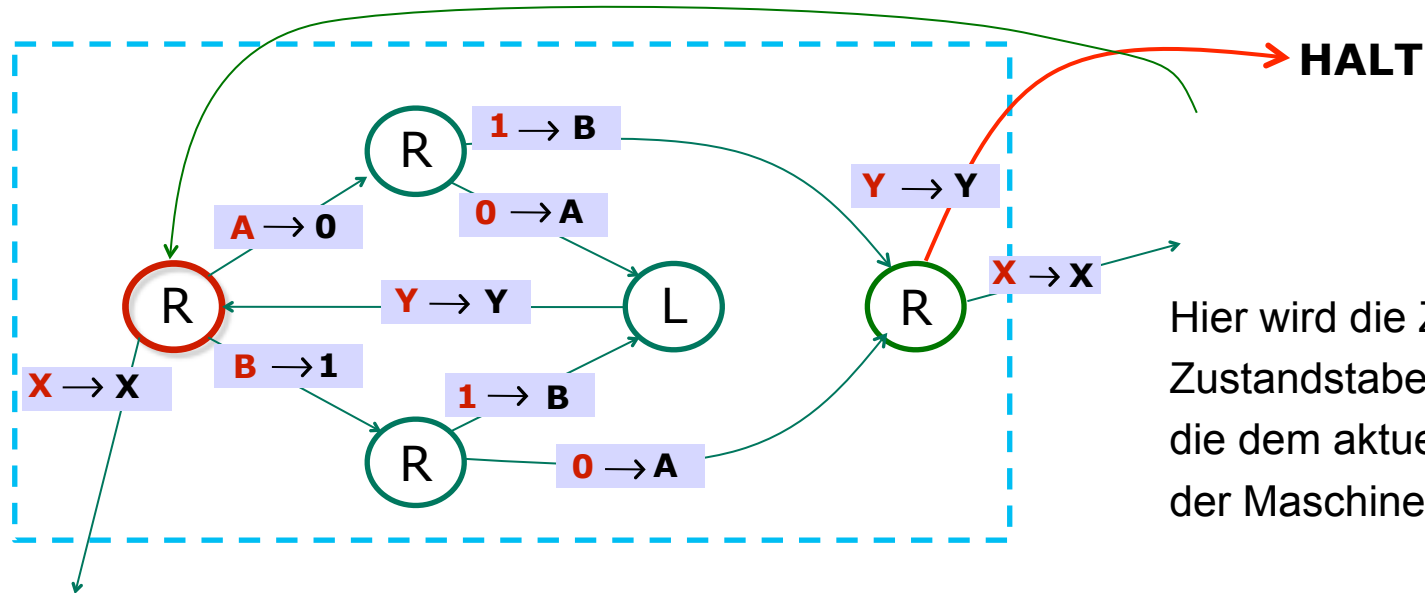
P1



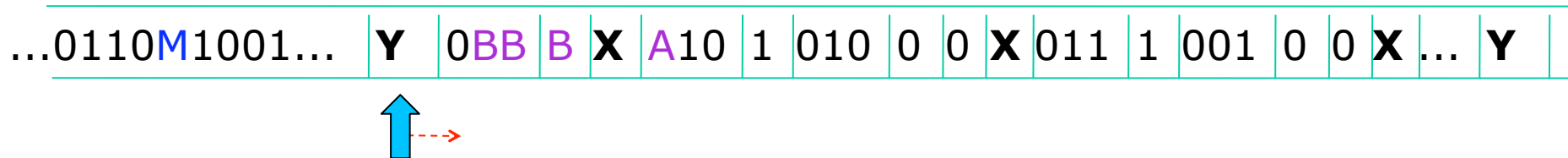
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



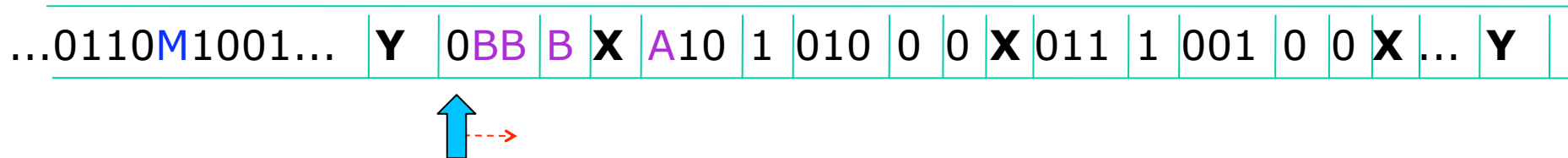
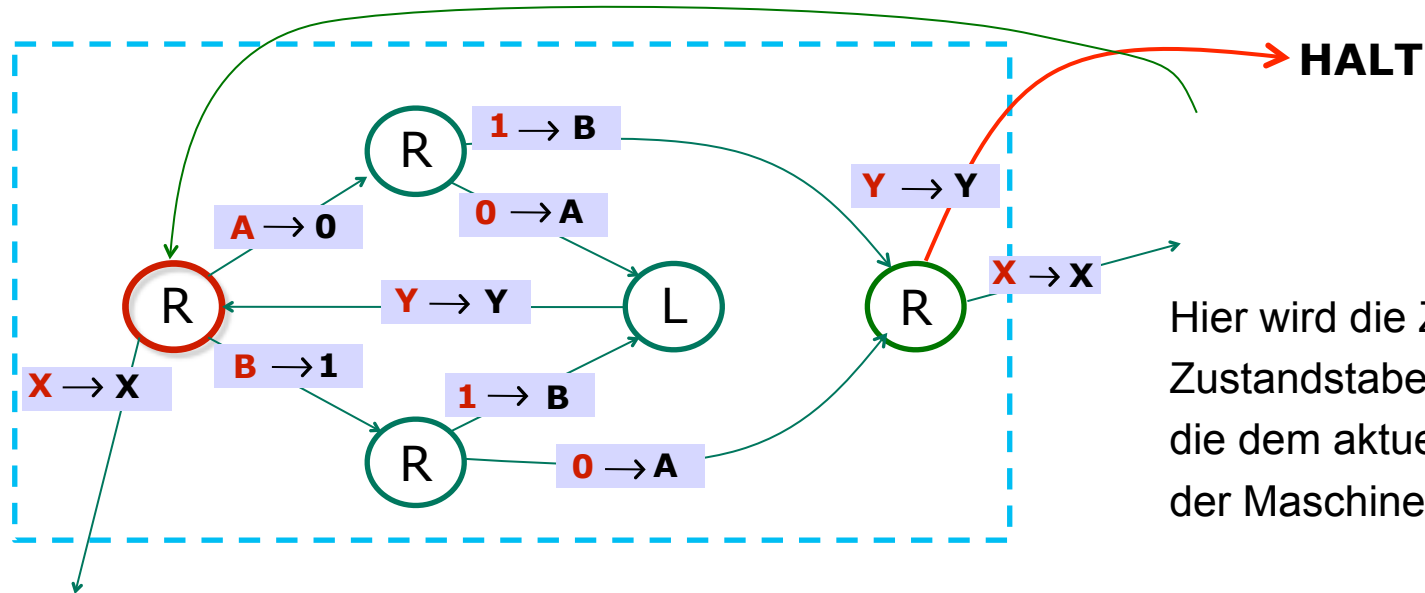
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

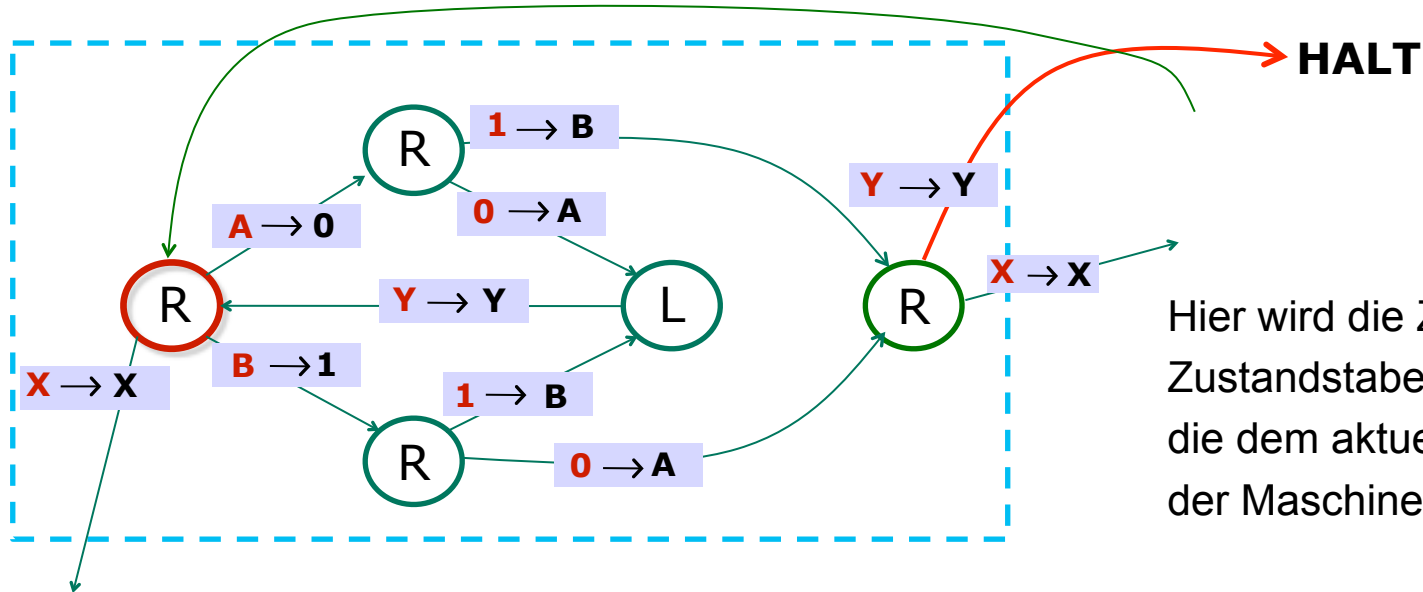
P1



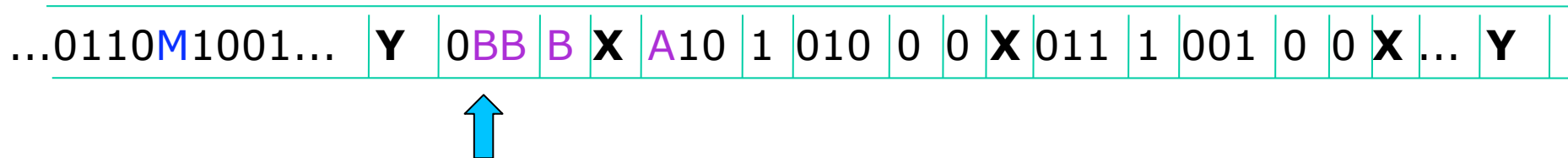
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



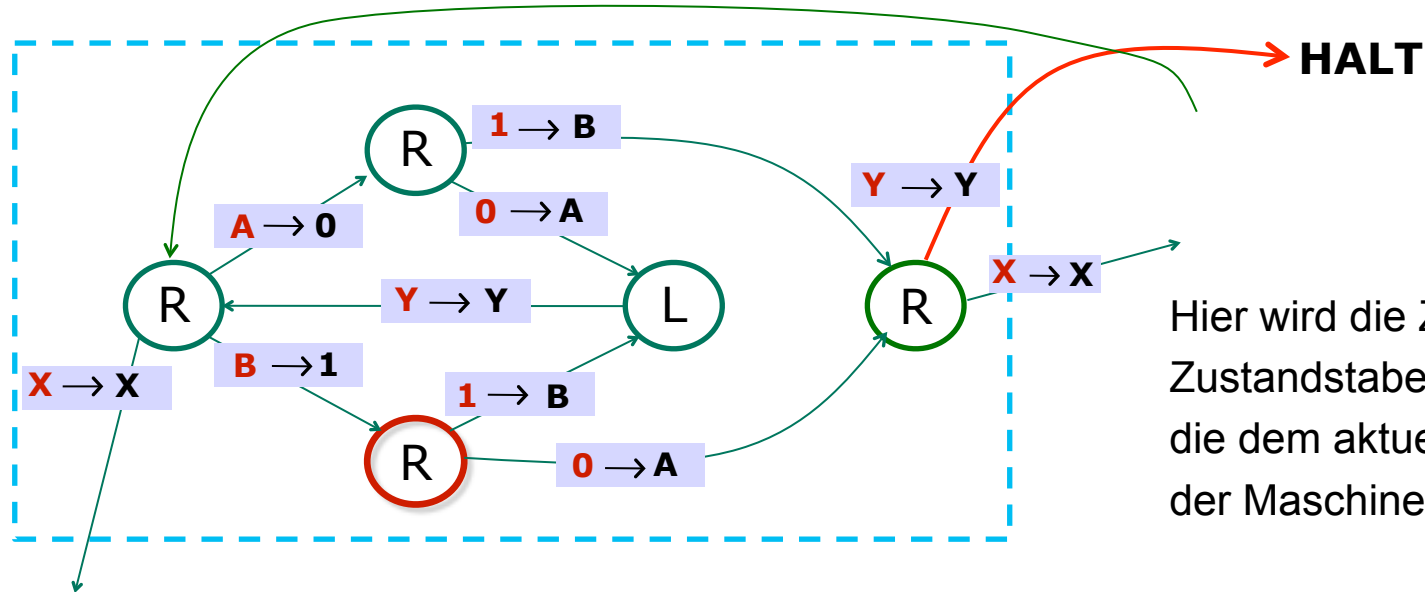
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



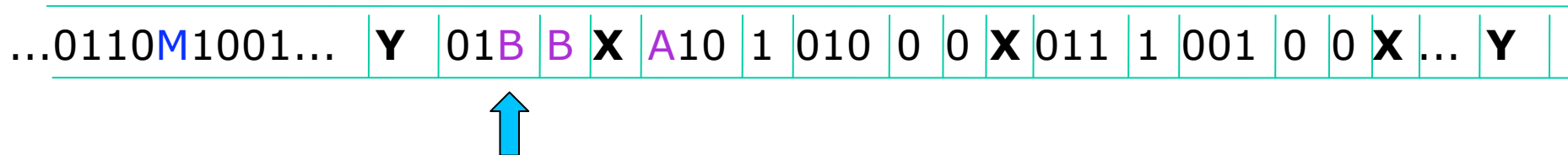
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

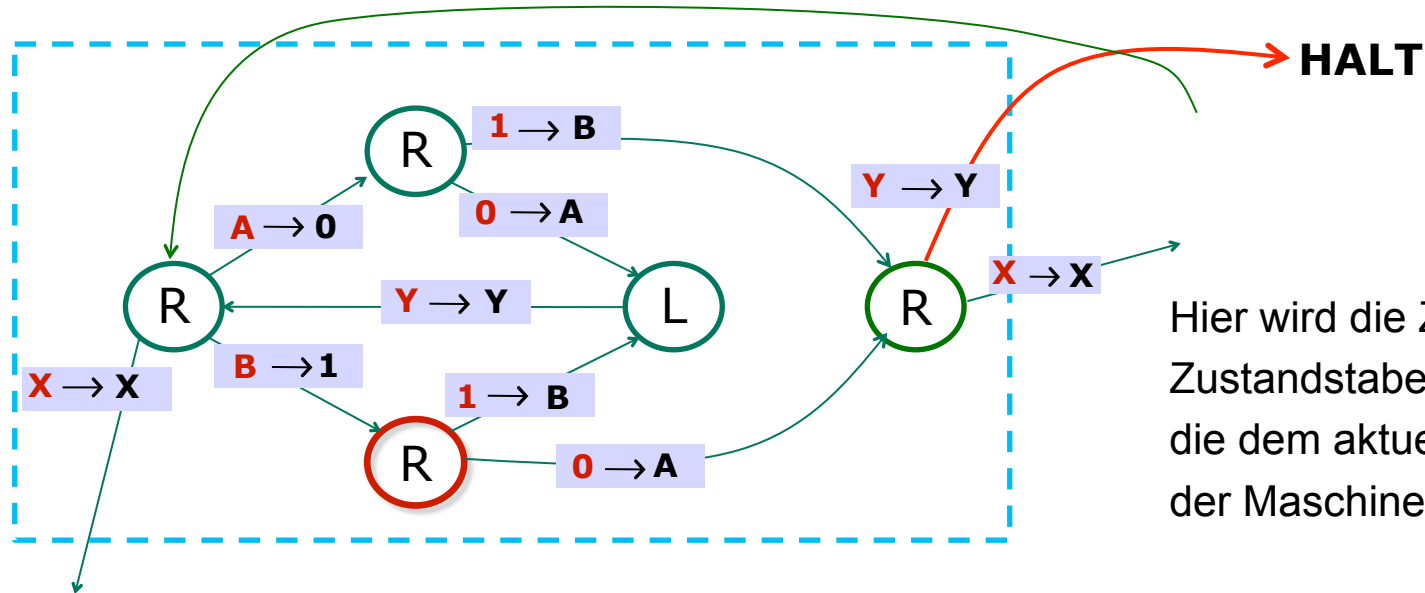




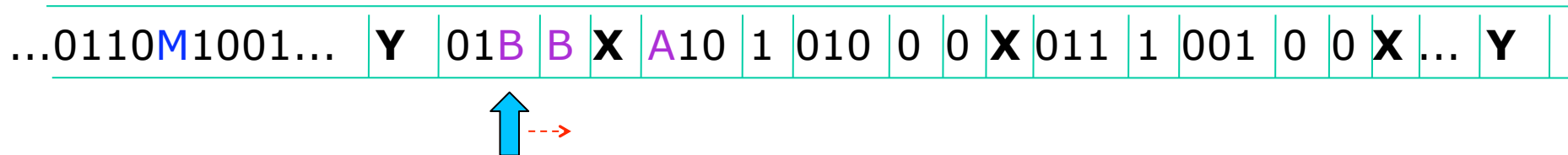
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



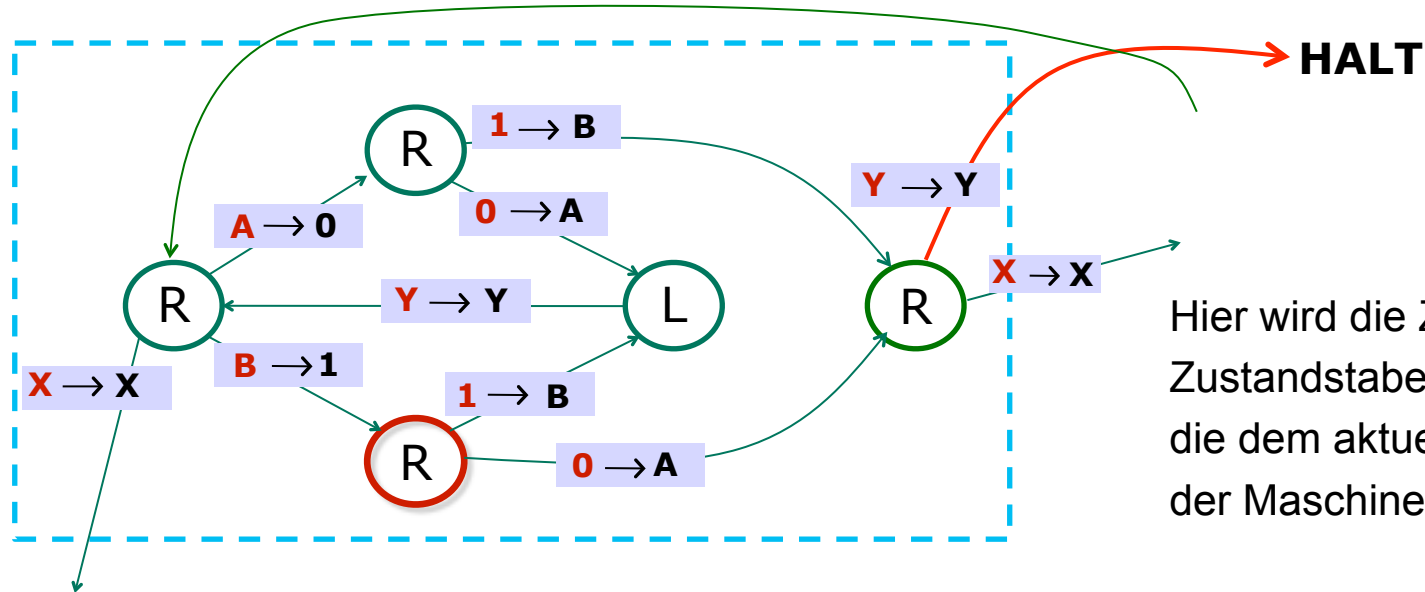
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



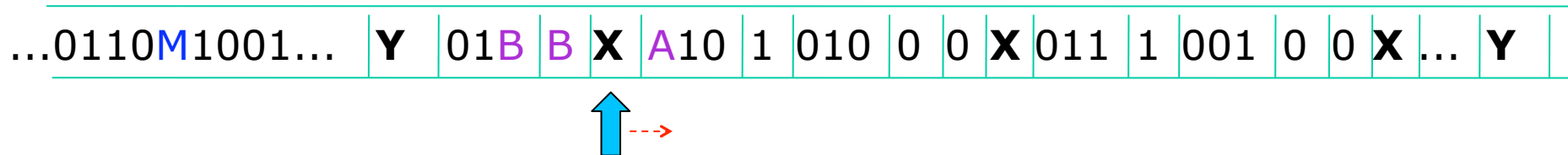
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



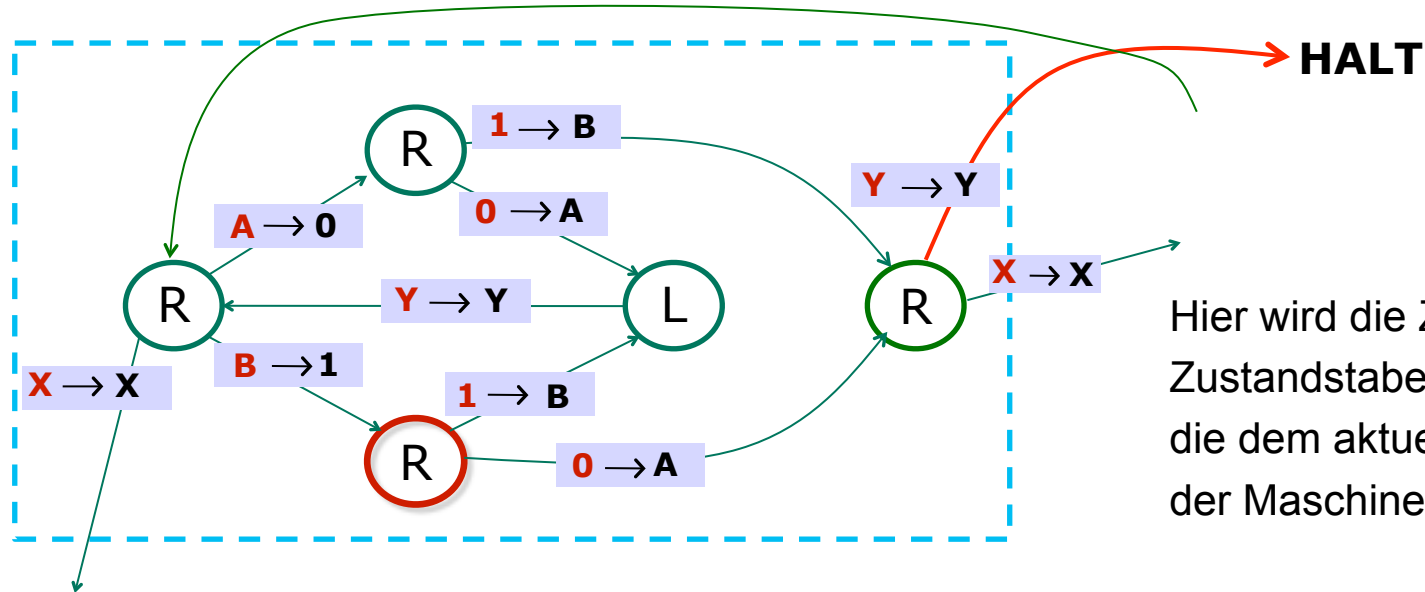
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



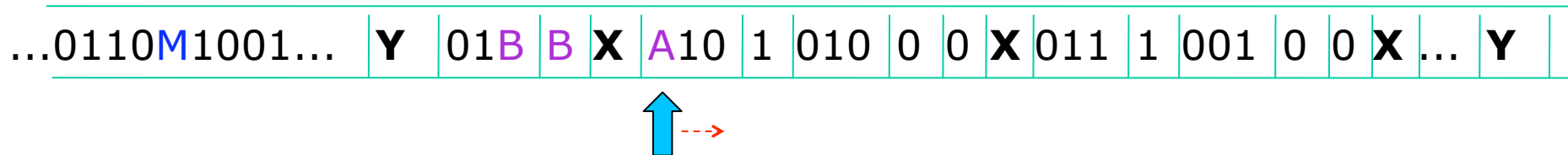
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



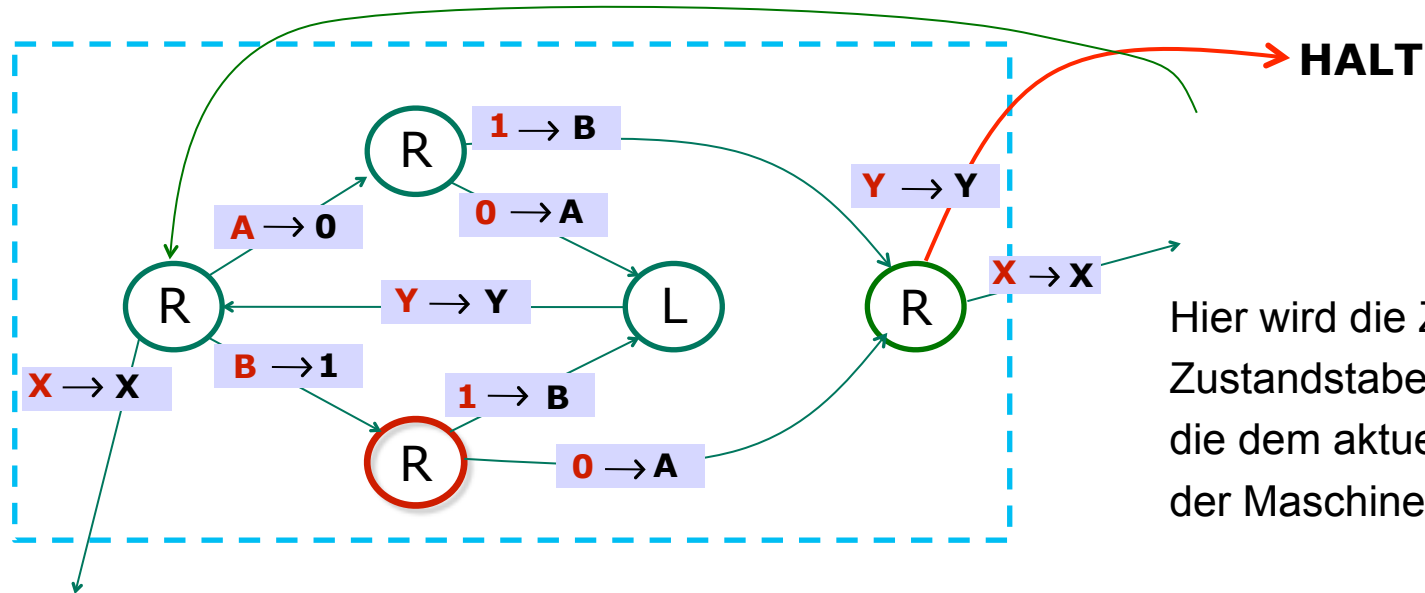
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

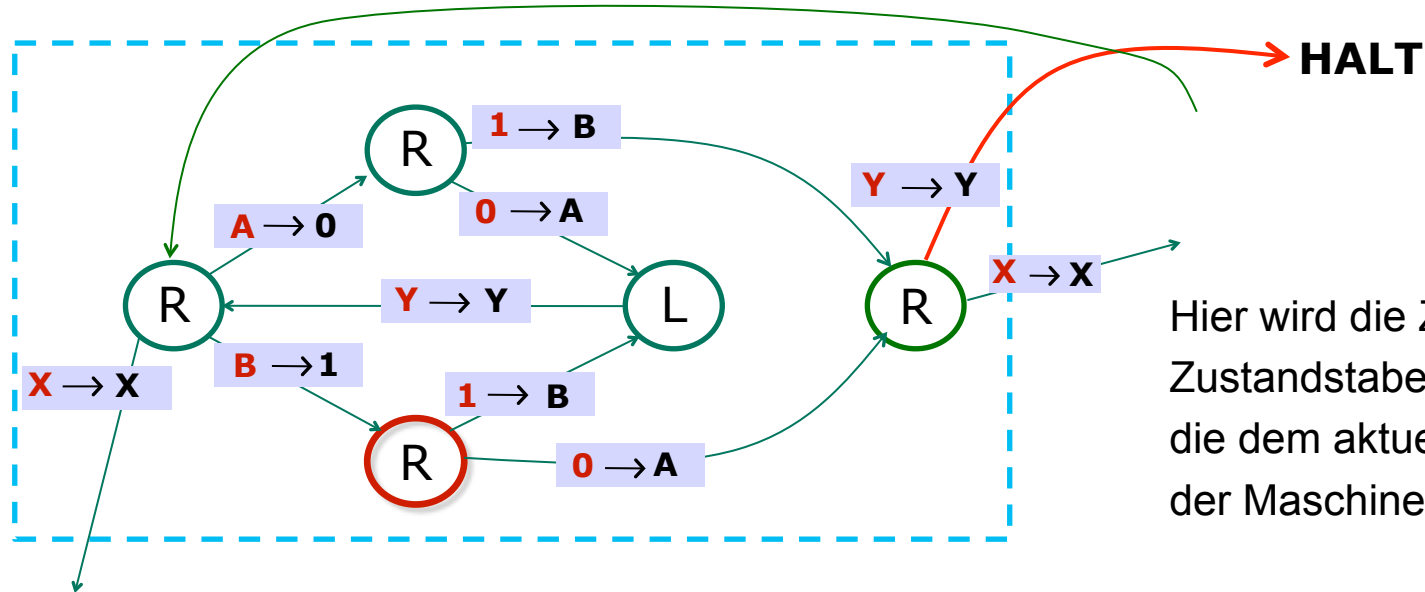
...	0	1	1	0	M	1	0	0	1	...	Y	0	1	B	B	X	A	1	0	1	0	1	0	0	0	X	0	1	1	1	0	0	1	0	0	X	...	Y
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

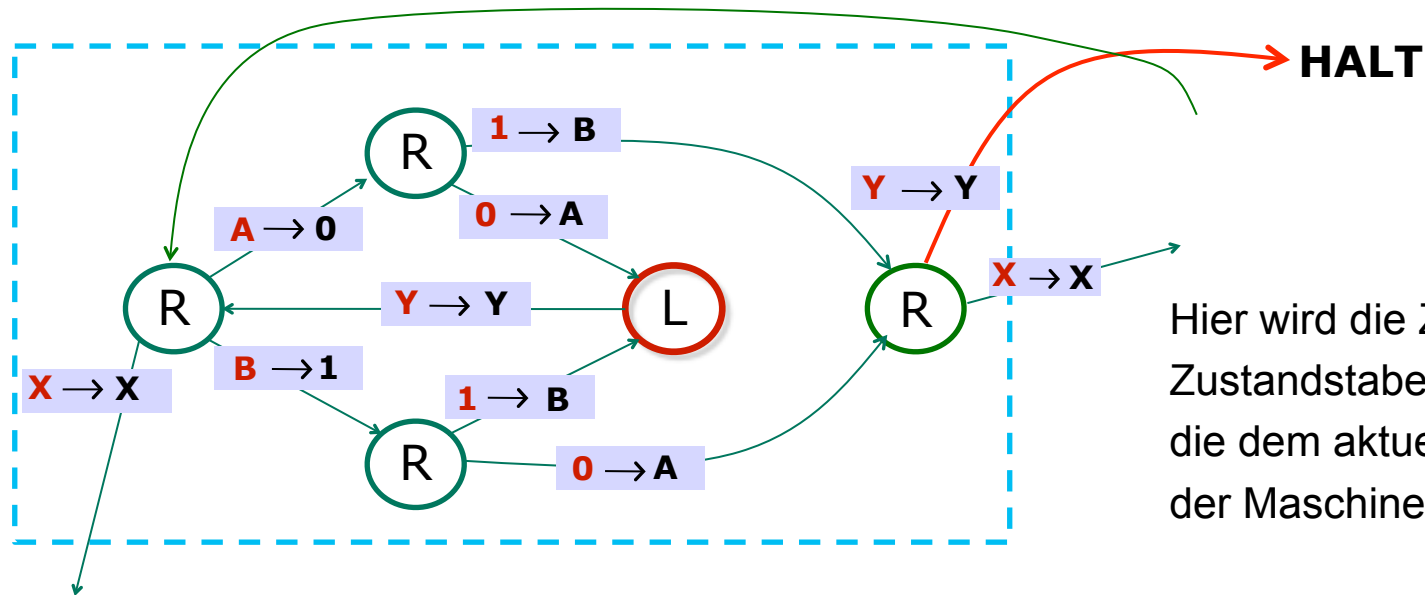
...	0	1	1	0	M	1	0	0	1	...	Y	0	1	B	B	X	A	B	0	1	0	1	0	0	0	X	0	1	1	1	0	0	1	0	0	X	...	Y
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---



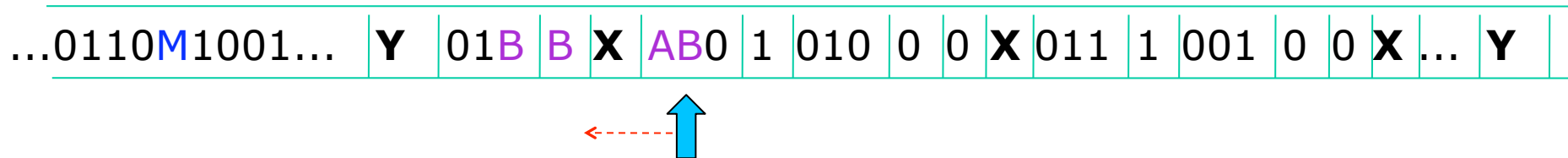
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



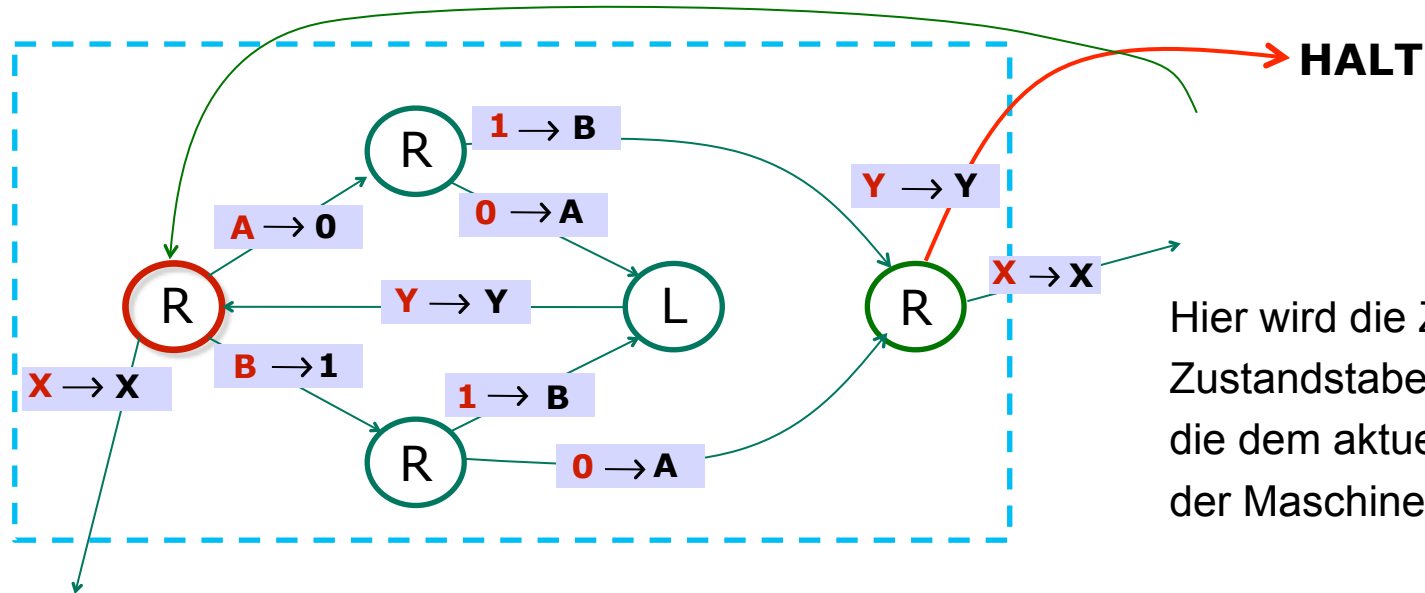
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



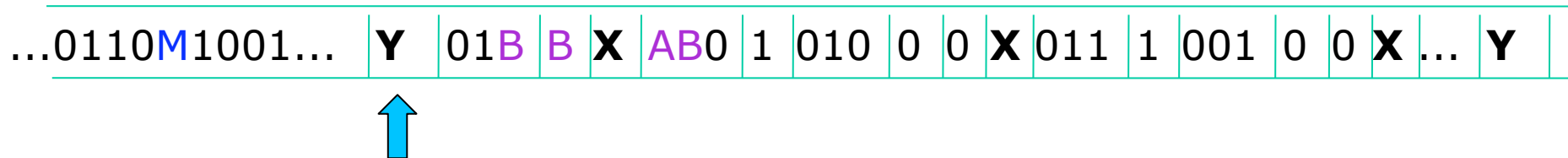
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



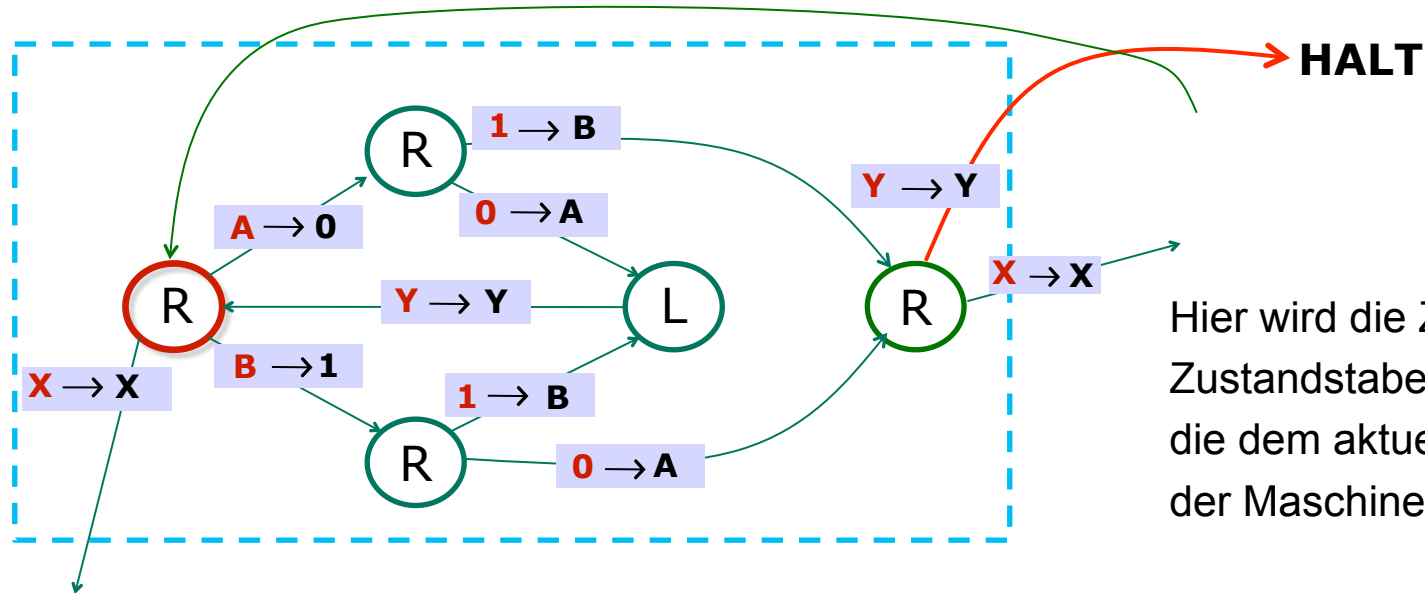
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



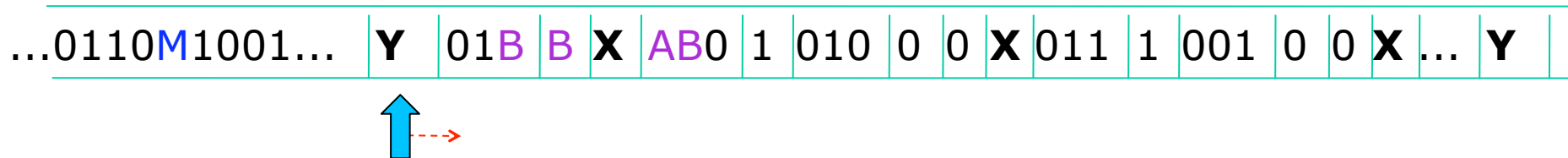
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

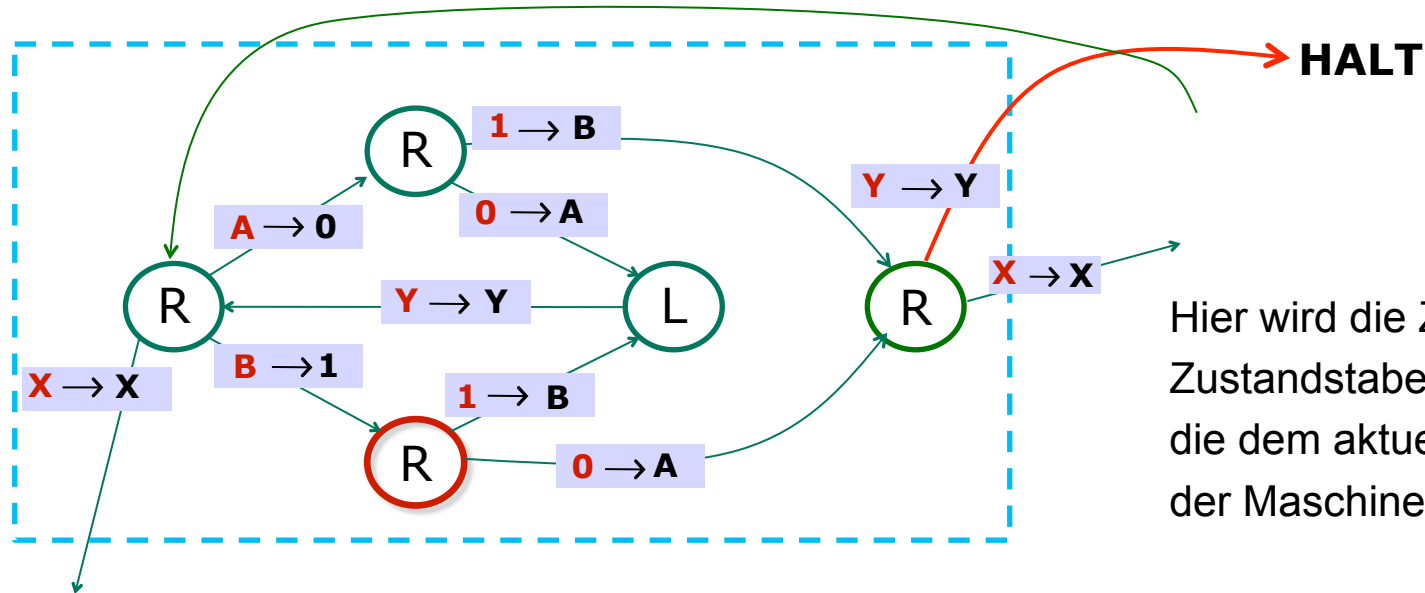




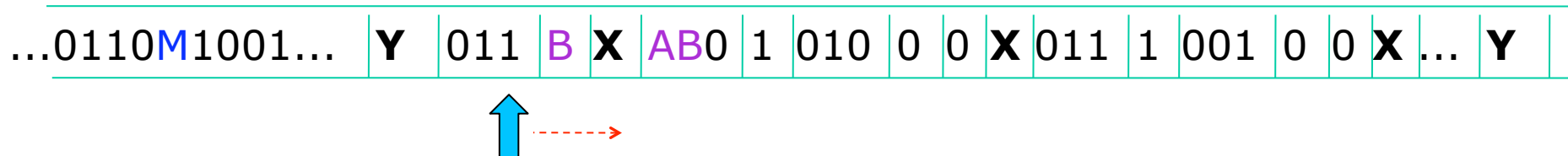
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



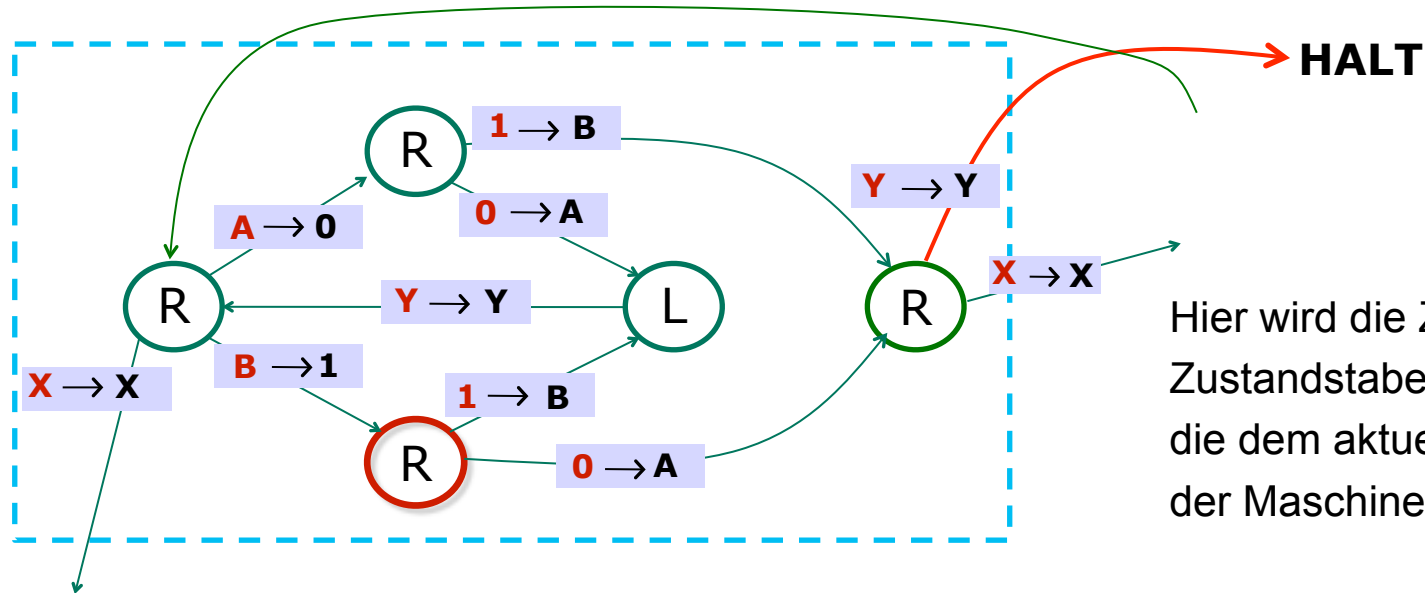
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



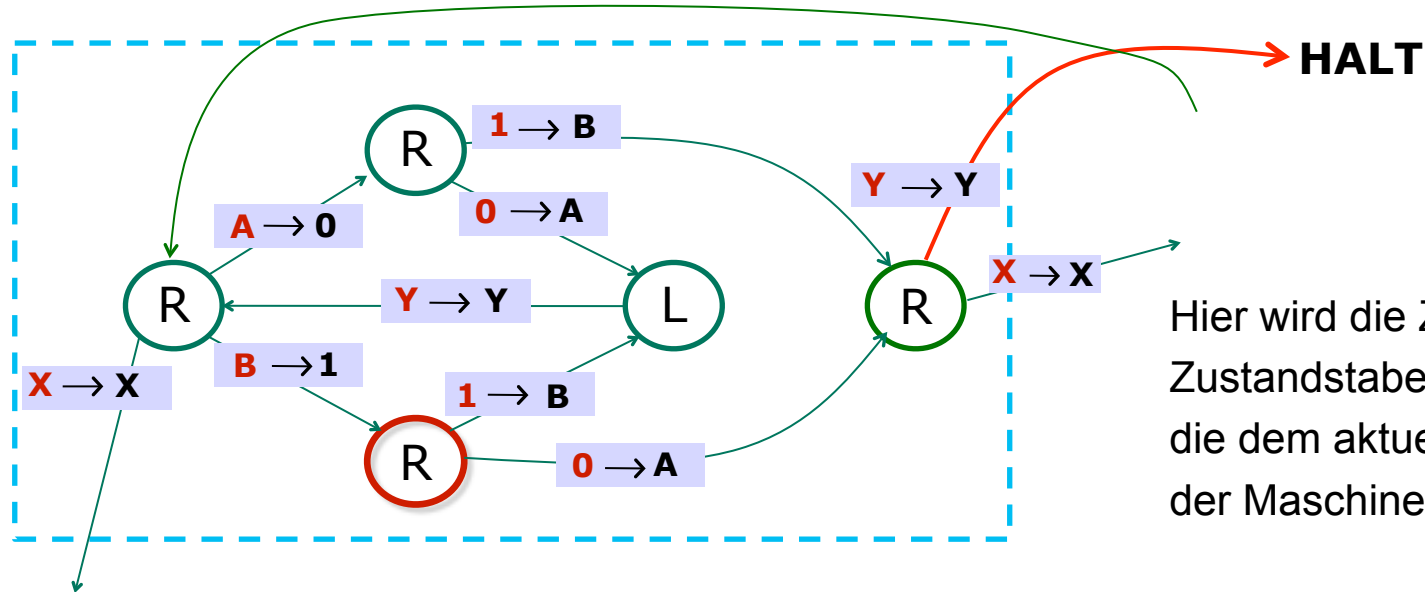
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

...	0	1	1	0	M	1	0	0	1	...	Y	0	1	1	B	X	AB	0	1	0	1	0	0	0	0	X	0	1	1	1	0	0	1	0	0	X	...	Y
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---

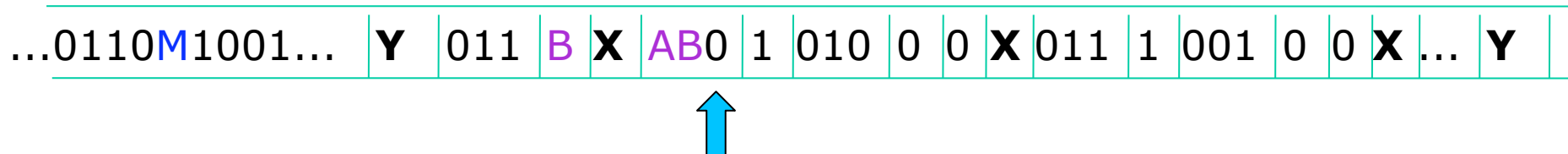


nach Minsky (1967)

P1



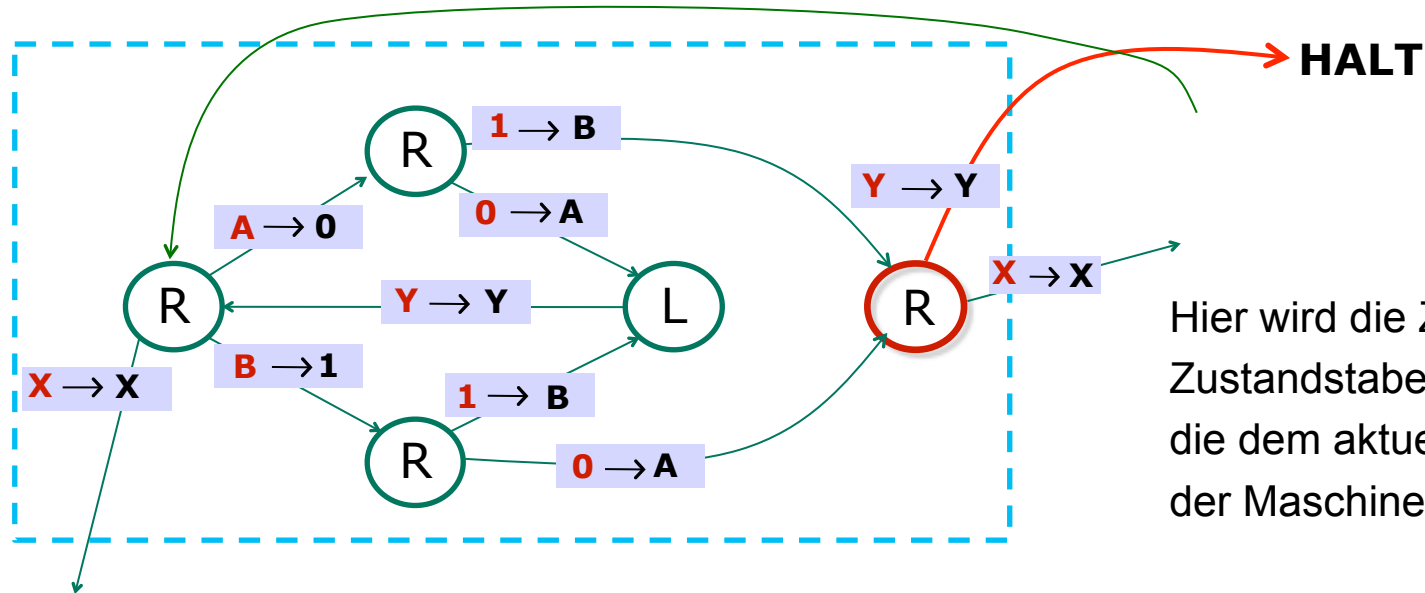
Hier wird die Zeile der  
Zustandstabelle gesucht,  
die dem aktuellen Zustand  
der Maschine entspricht



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

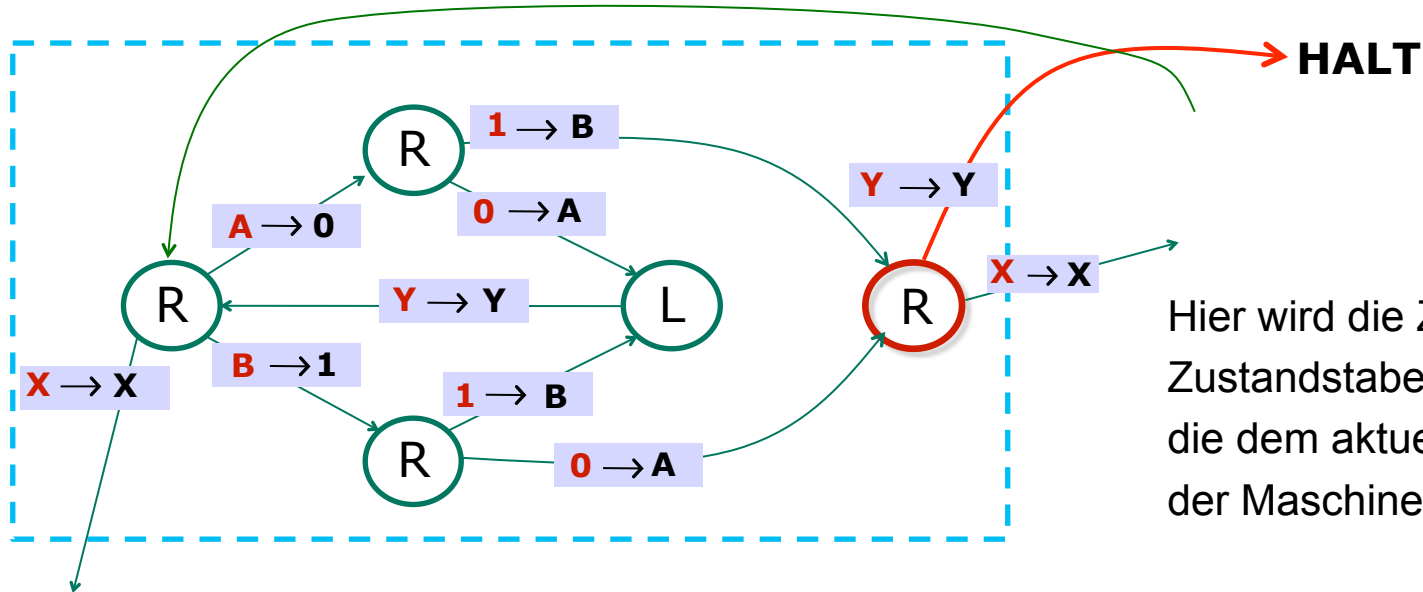
...	0	1	1	0	M	1	0	0	1	...	Y	0	1	1	B	X	A	B	A	1	0	1	0	0	0	X	0	1	1	1	0	0	1	0	0	X	...	Y
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht

...	0	1	1	0	M	1	0	0	1	...	Y	0	1	1	B	X	A	B	A	1	0	1	0	0	0	X	0	1	1	1	0	0	1	0	0	X	...	Y
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---

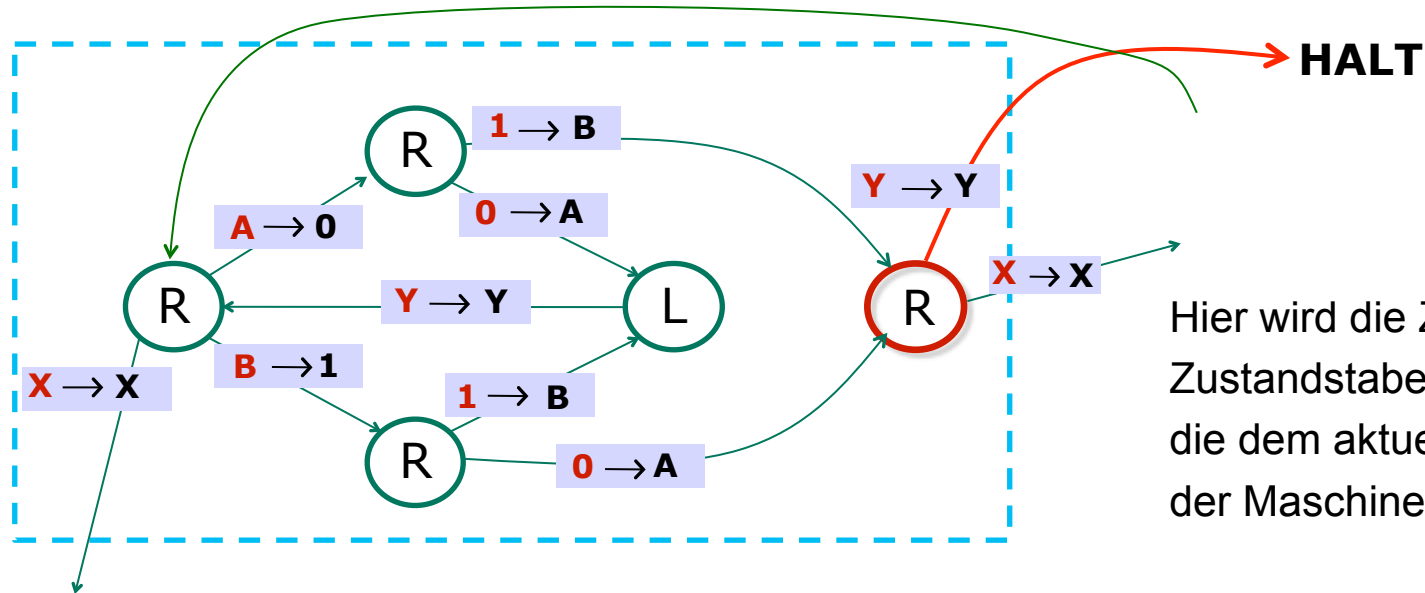


falscher Zustand!

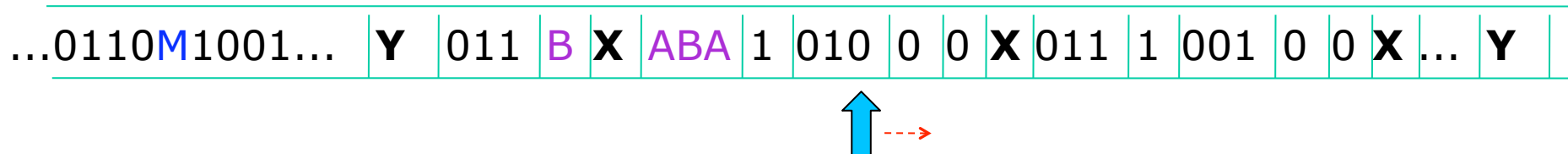
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



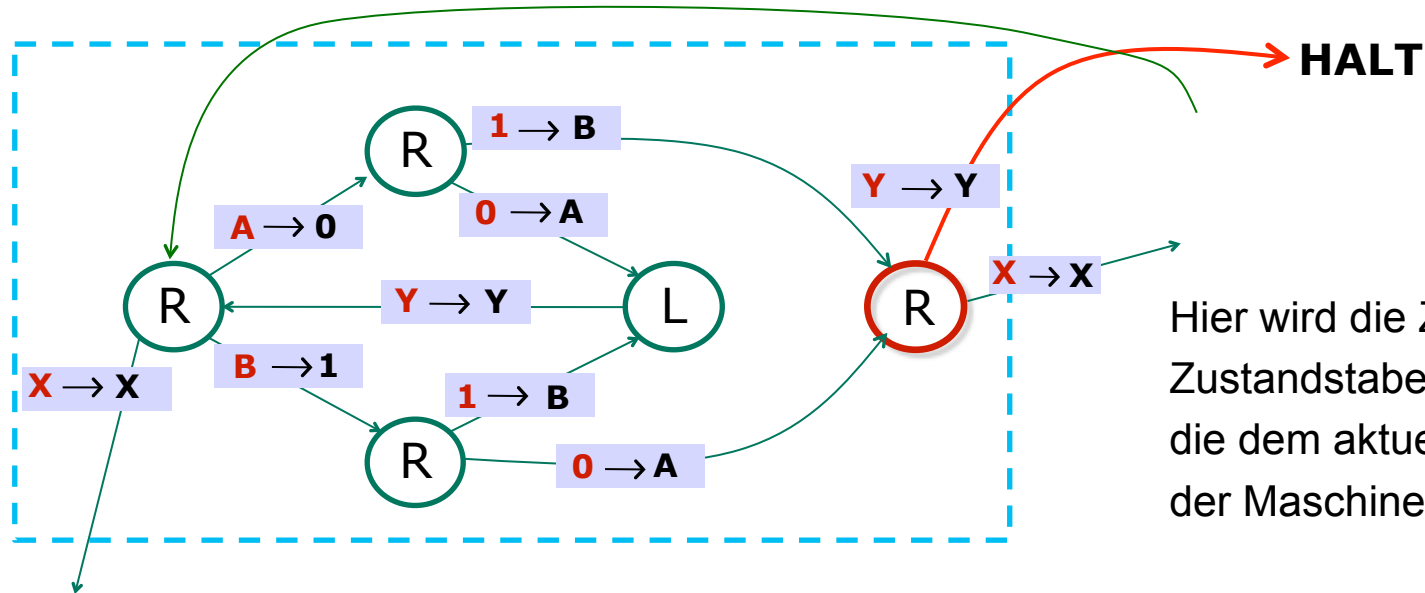
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



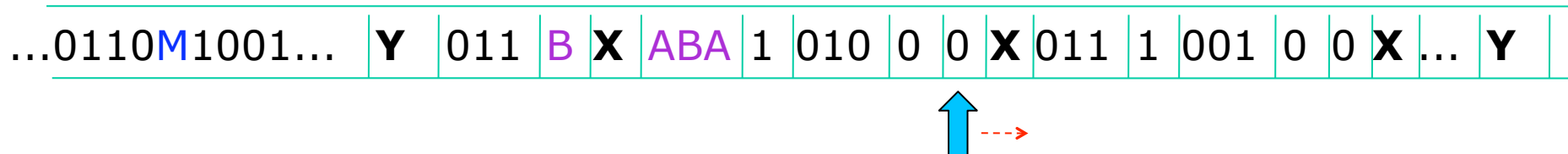
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



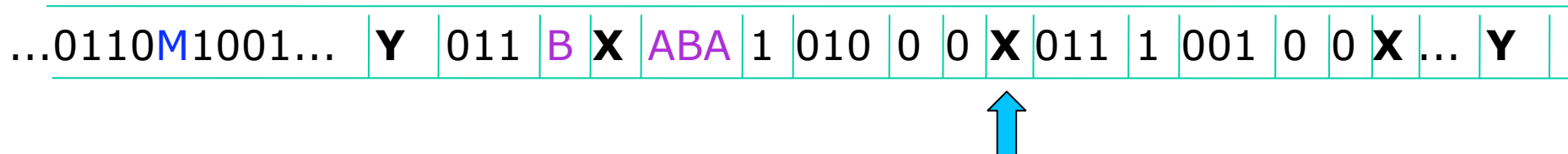
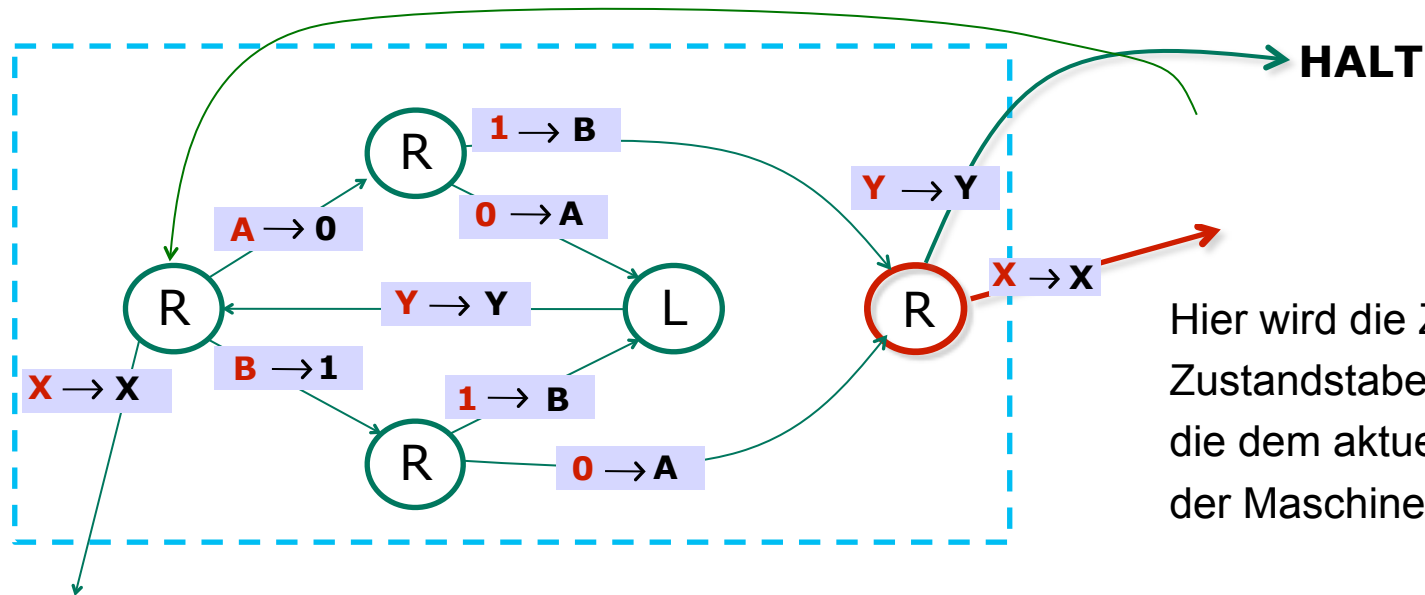
Hier wird die Zeile der Zustandstabelle gesucht, die dem aktuellen Zustand der Maschine entspricht



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

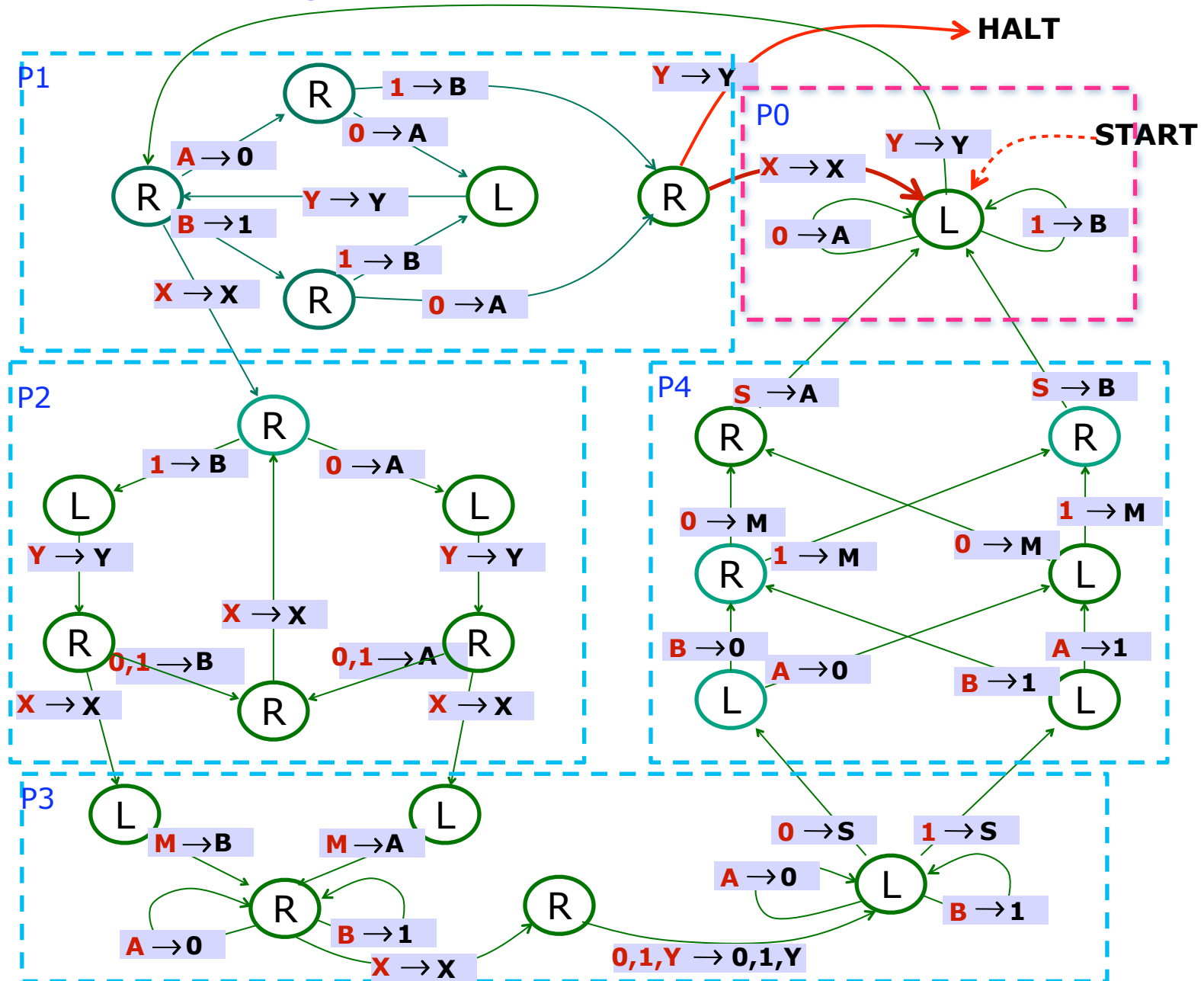
P1





# Die Universelle-Turing-Maschine

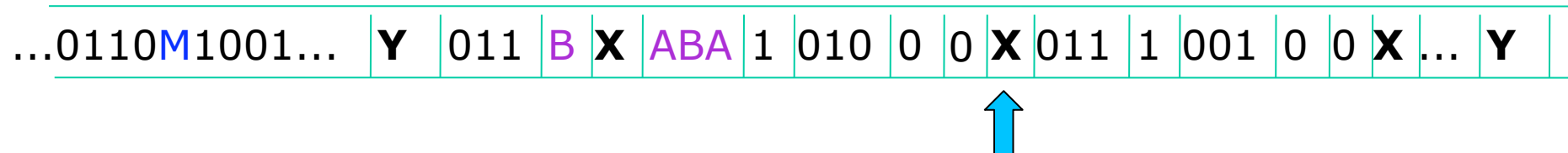
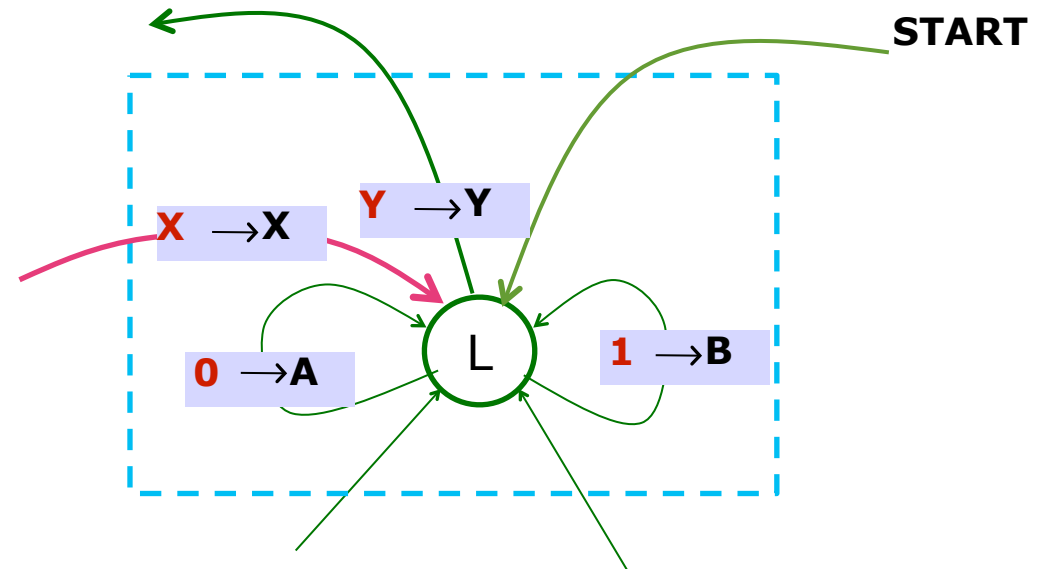
nach Minsky (1967)



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

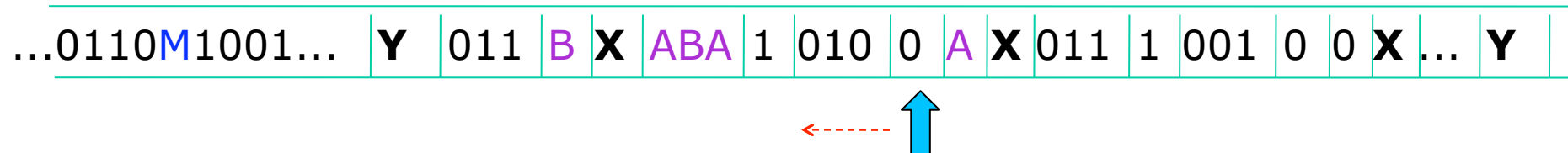
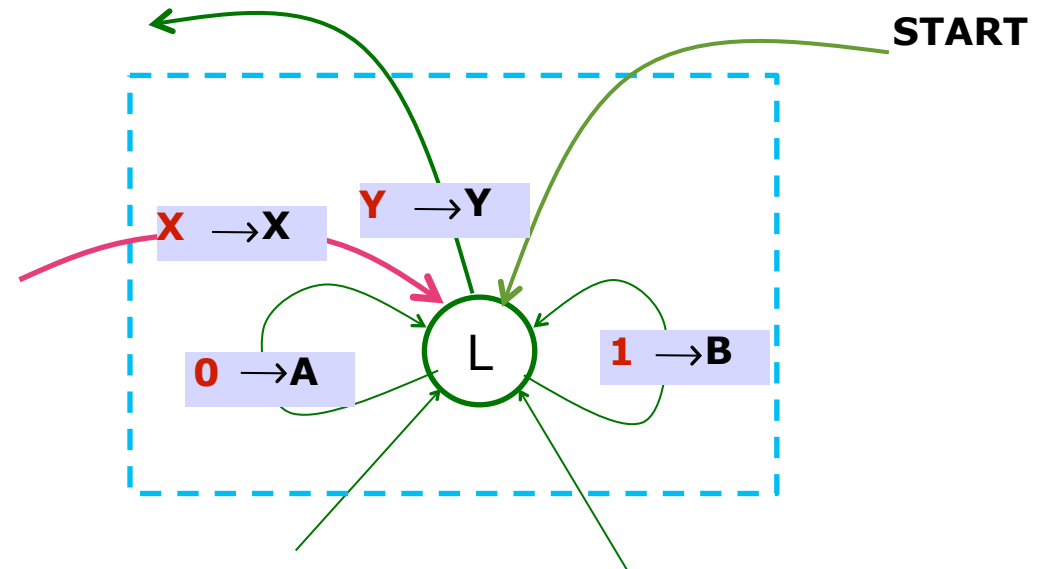
P0



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P0

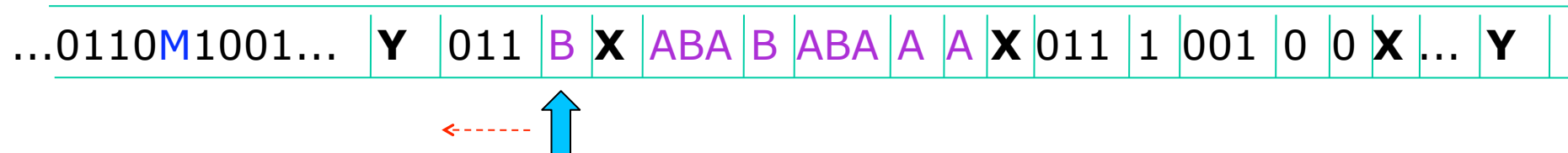
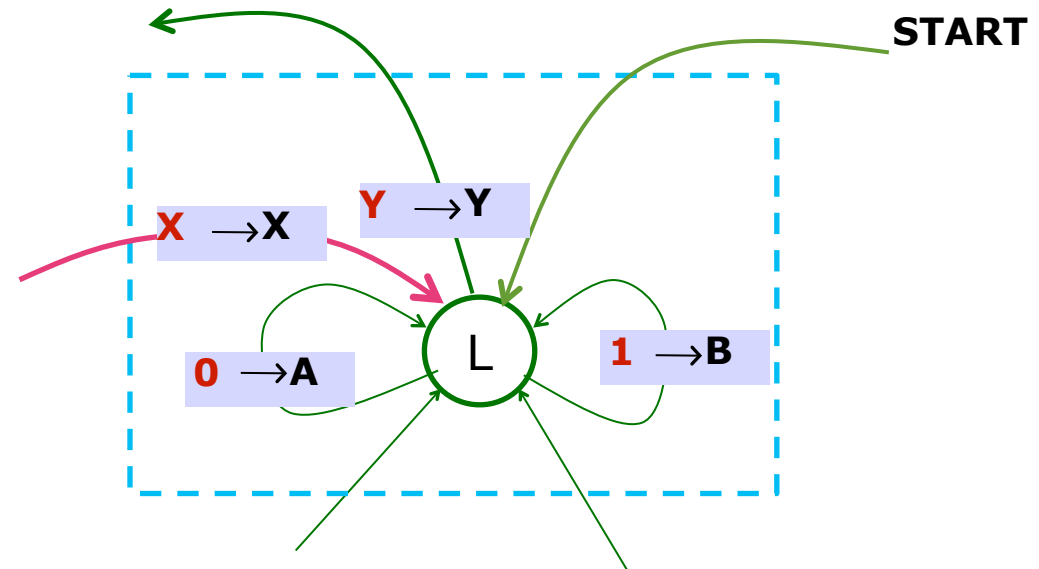




# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

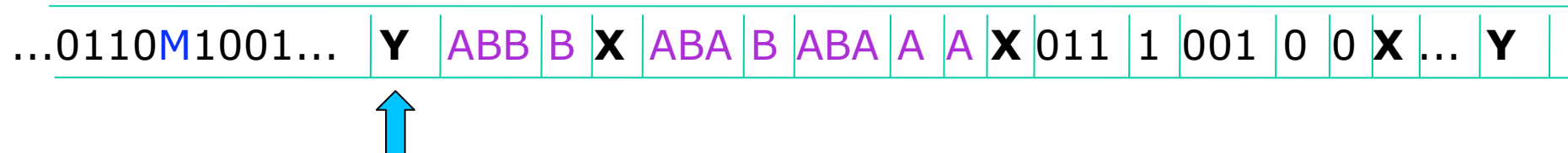
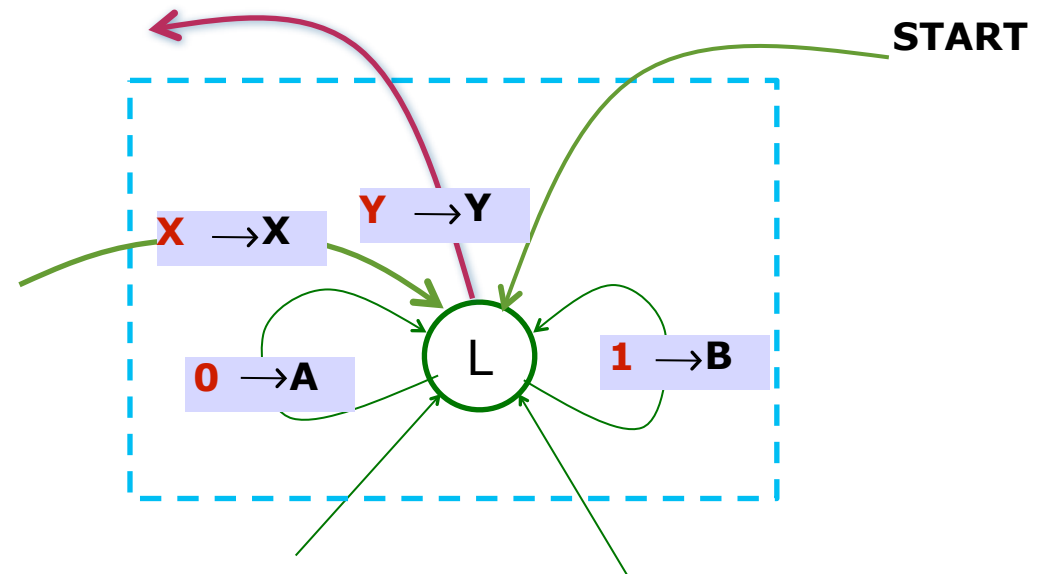
P0



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

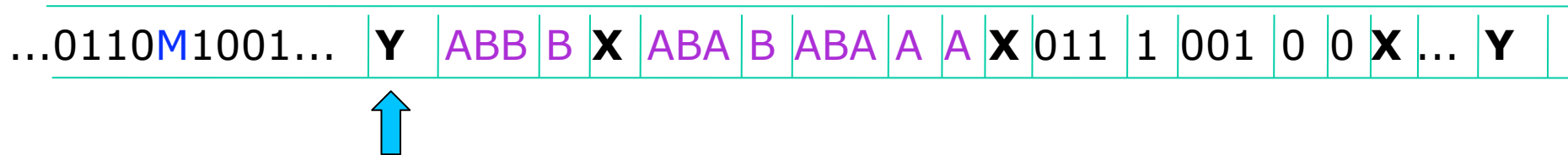
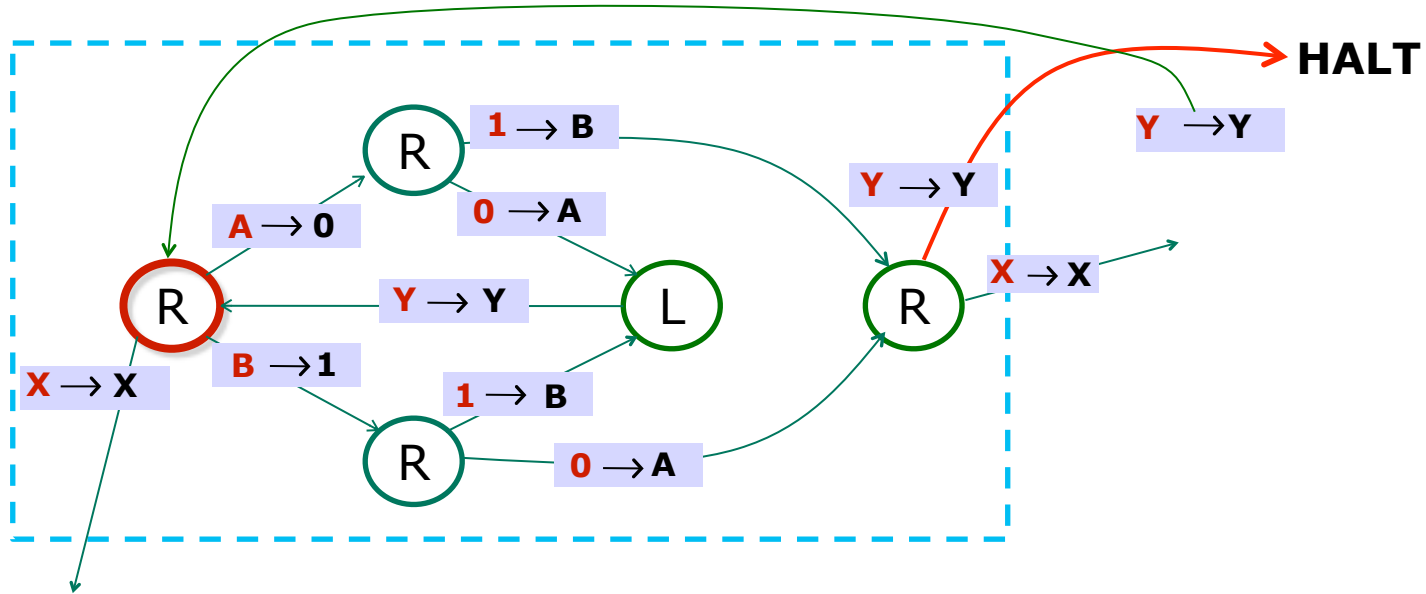
P0



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

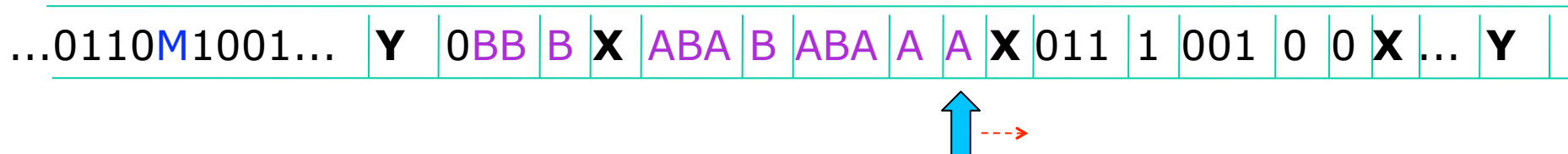
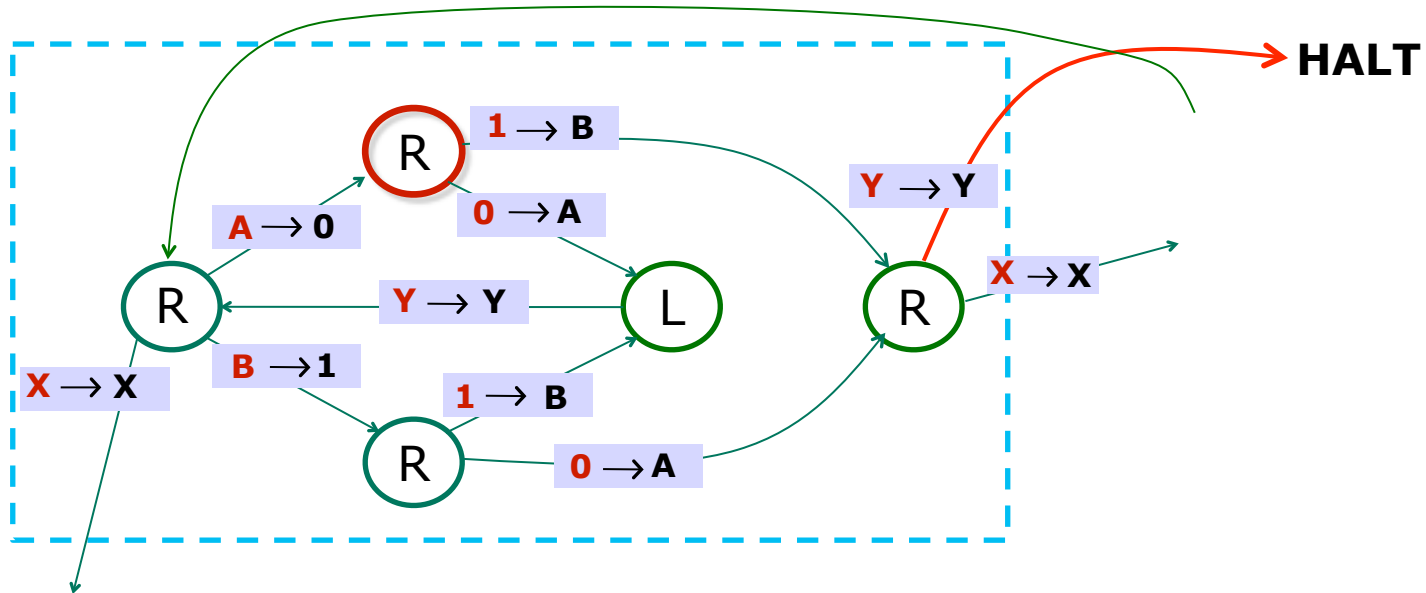
P1



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1

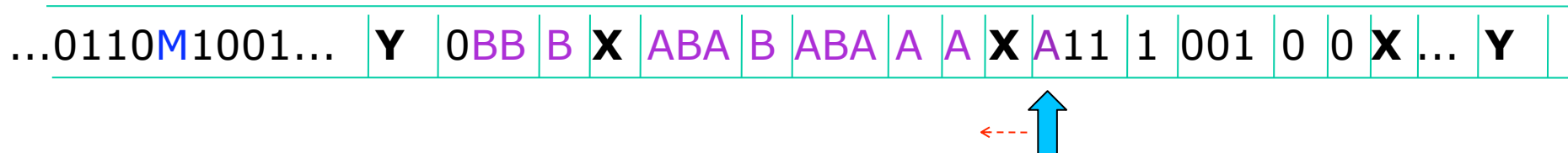
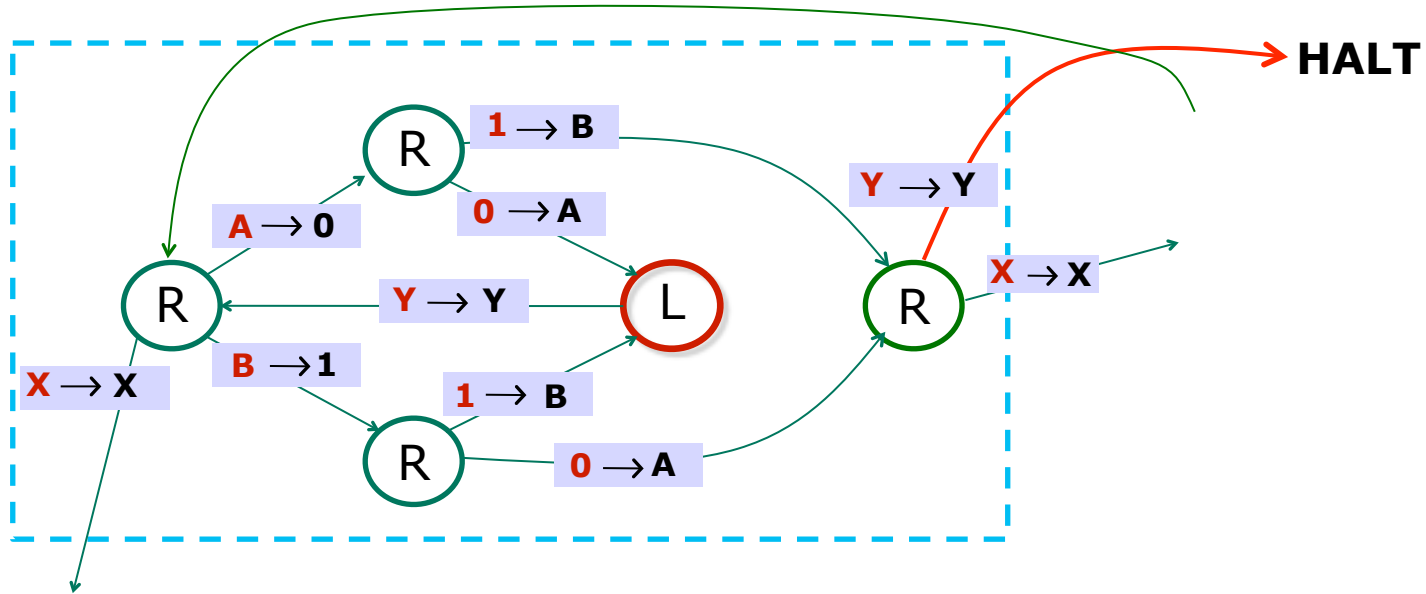




# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

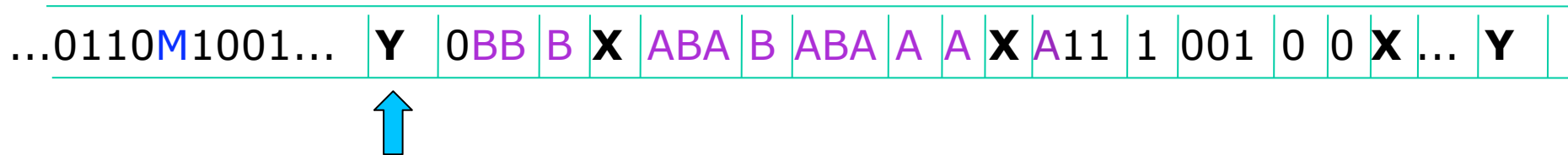
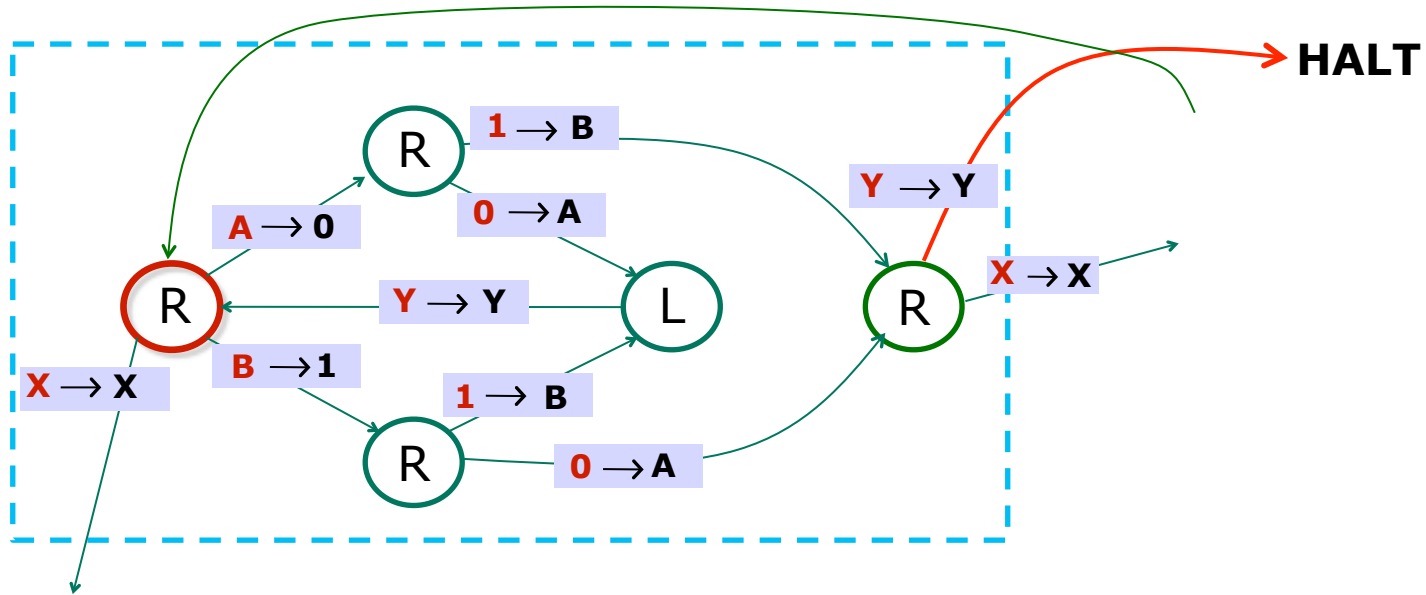
P1



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

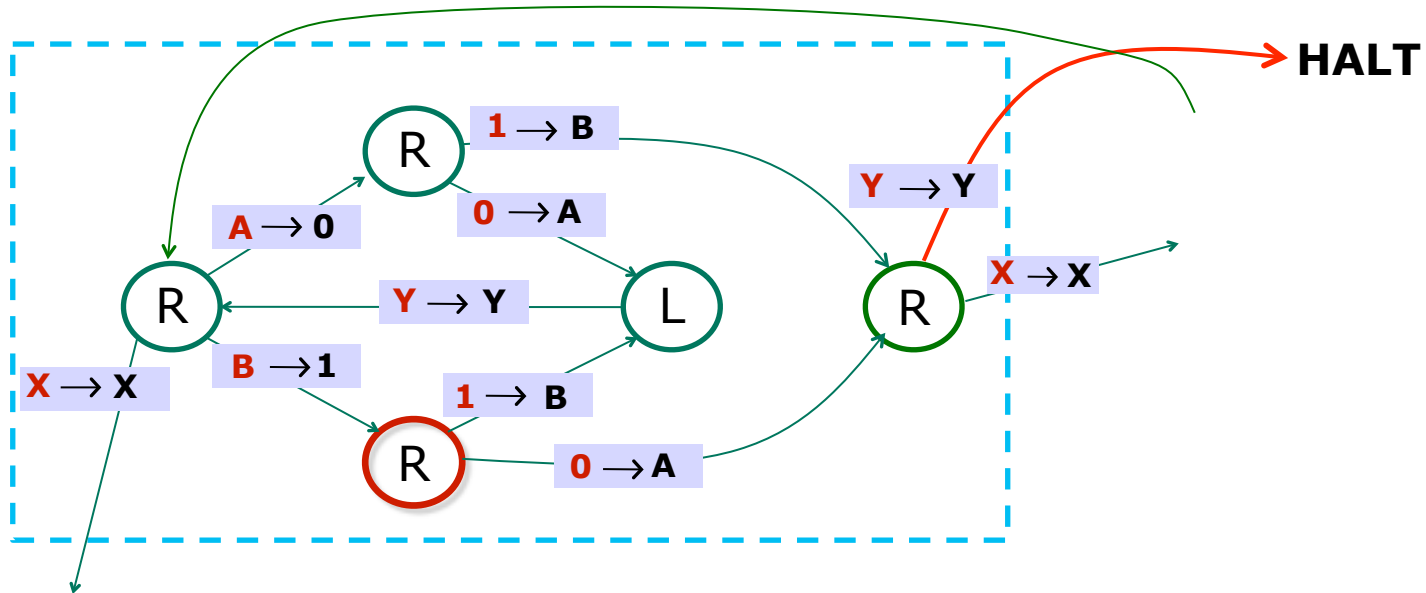
P1



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



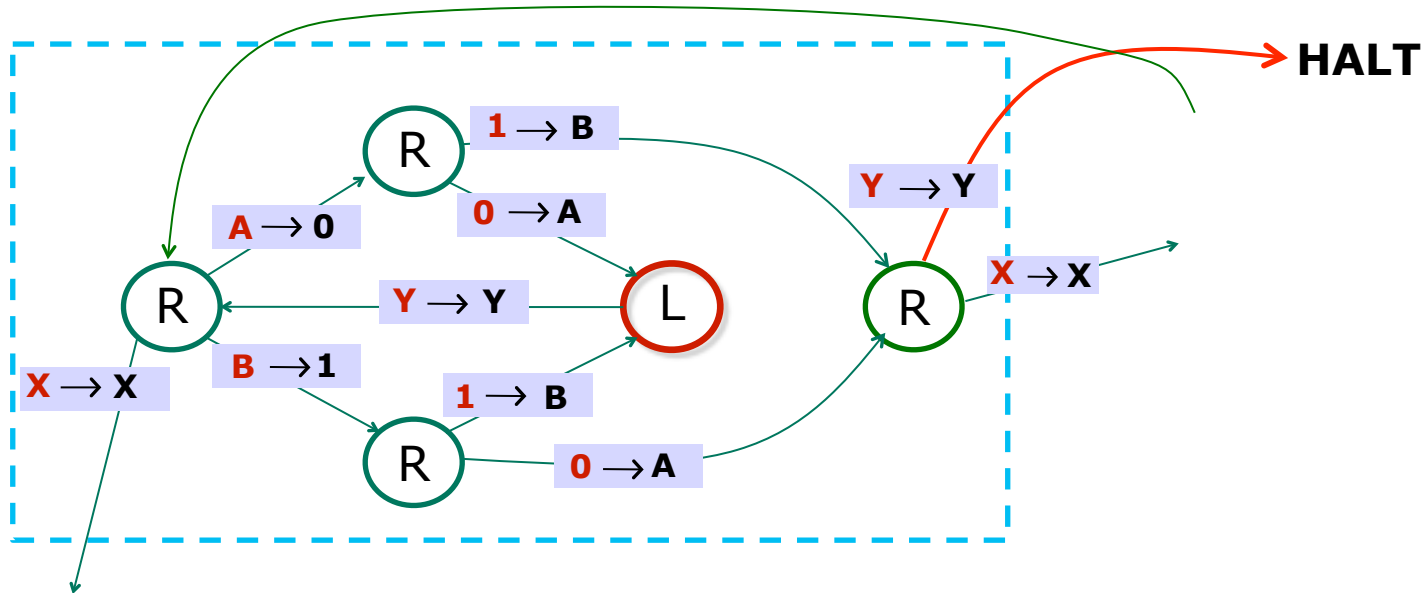
...0110M1001... | Y | 01B | B | X | ABA | B | ABA | A | A | X | A11 | 1 | 001 | 0 | 0 | X | ... | Y |



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



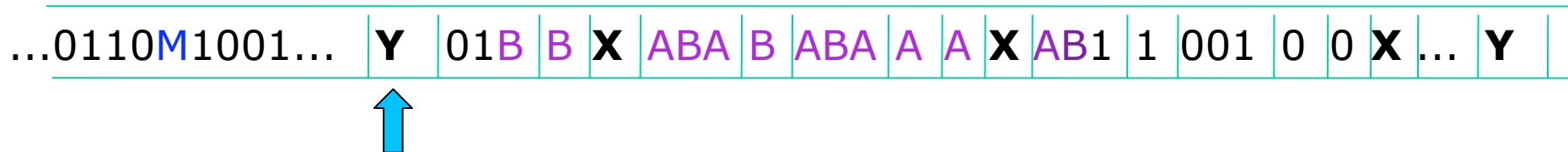
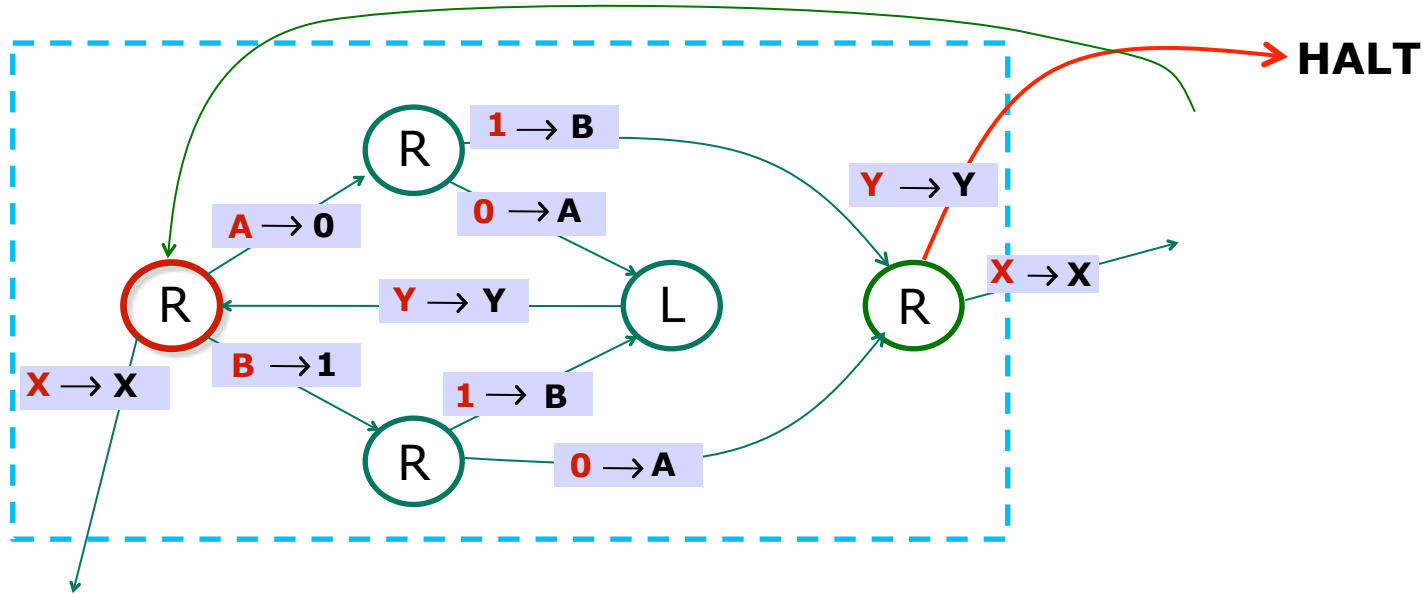
...	0	1	1	0	M	1	0	0	1	...	Y	0	1	B	B	X	A	B	A	B	A	A	X	A	B	1	1	0	0	1	0	0	X	...	Y
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

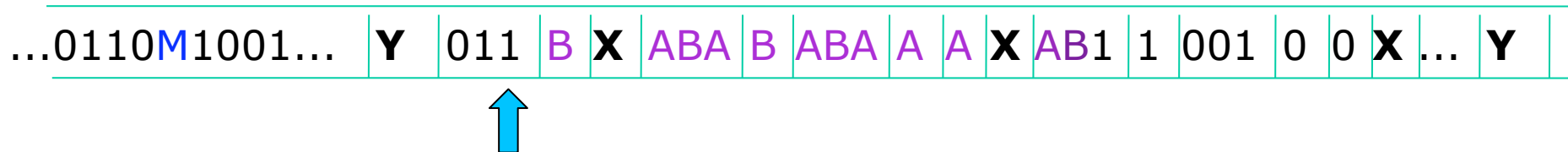
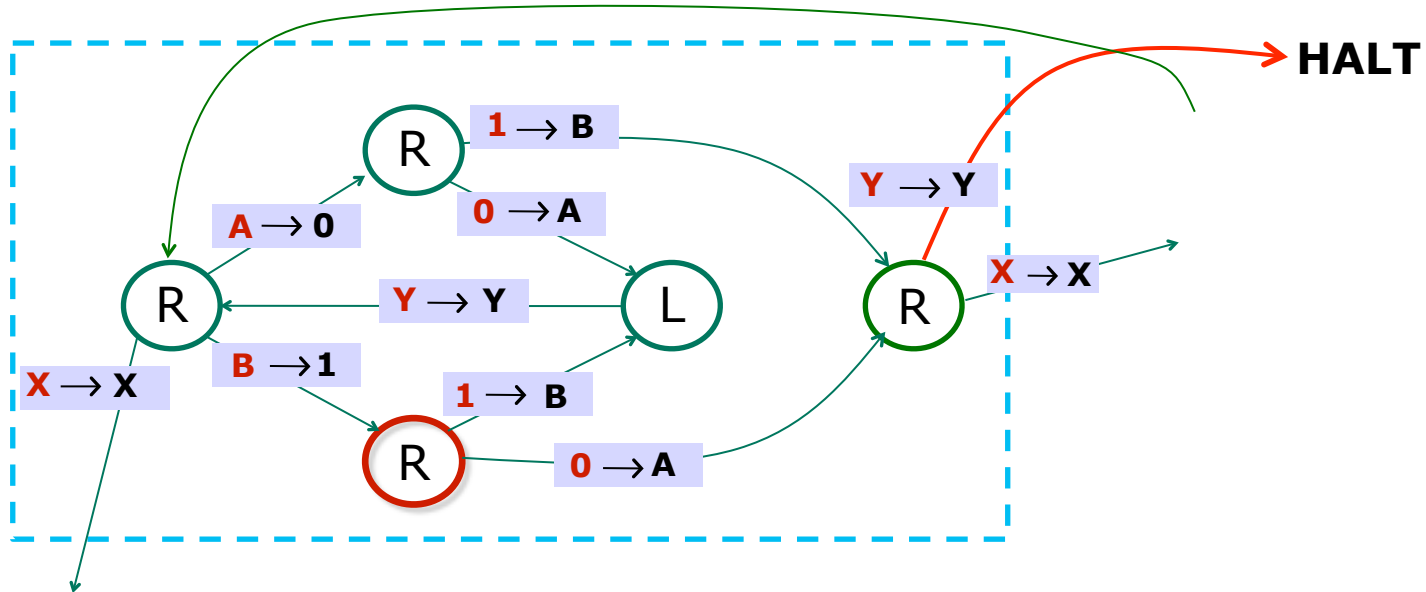
P1



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

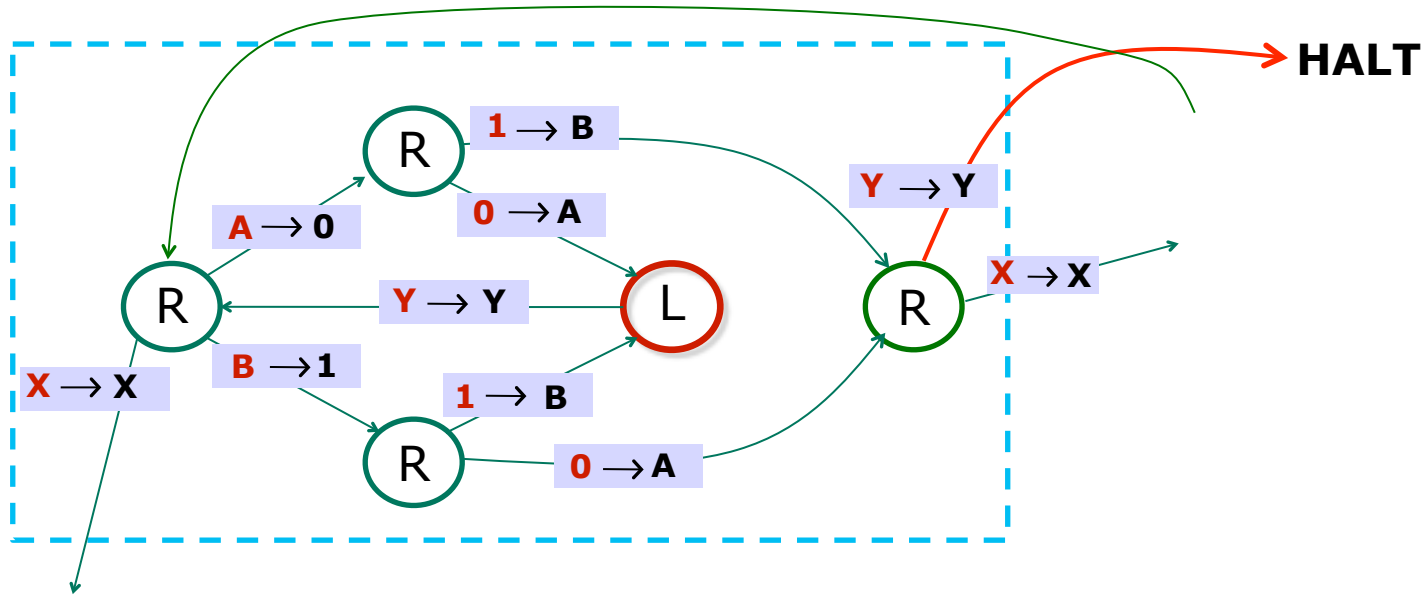
P1



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



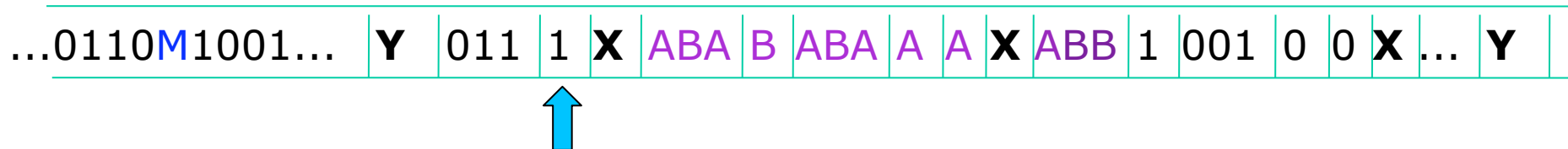
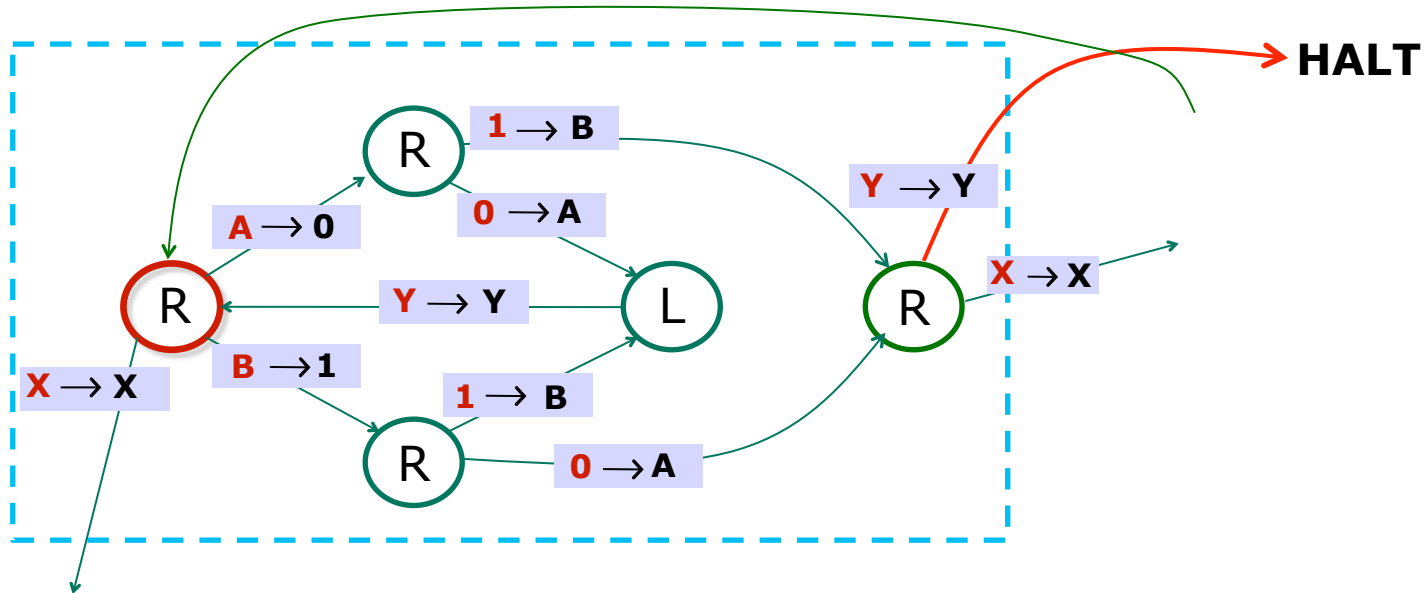
...0110M1001... | Y | 011 | B | X | ABA | B | ABA | A | A | X | ABB | 1 | 001 | 0 | 0 | X | ... | Y |



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1

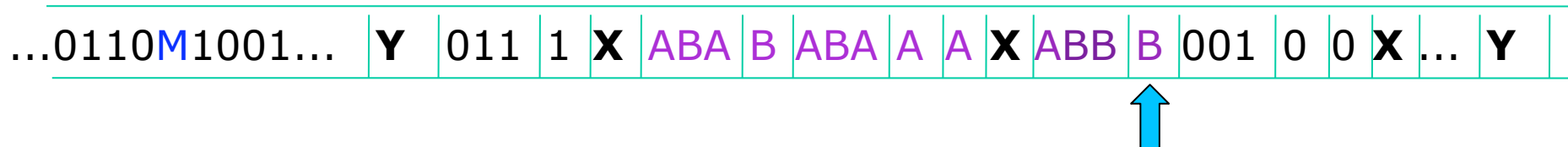
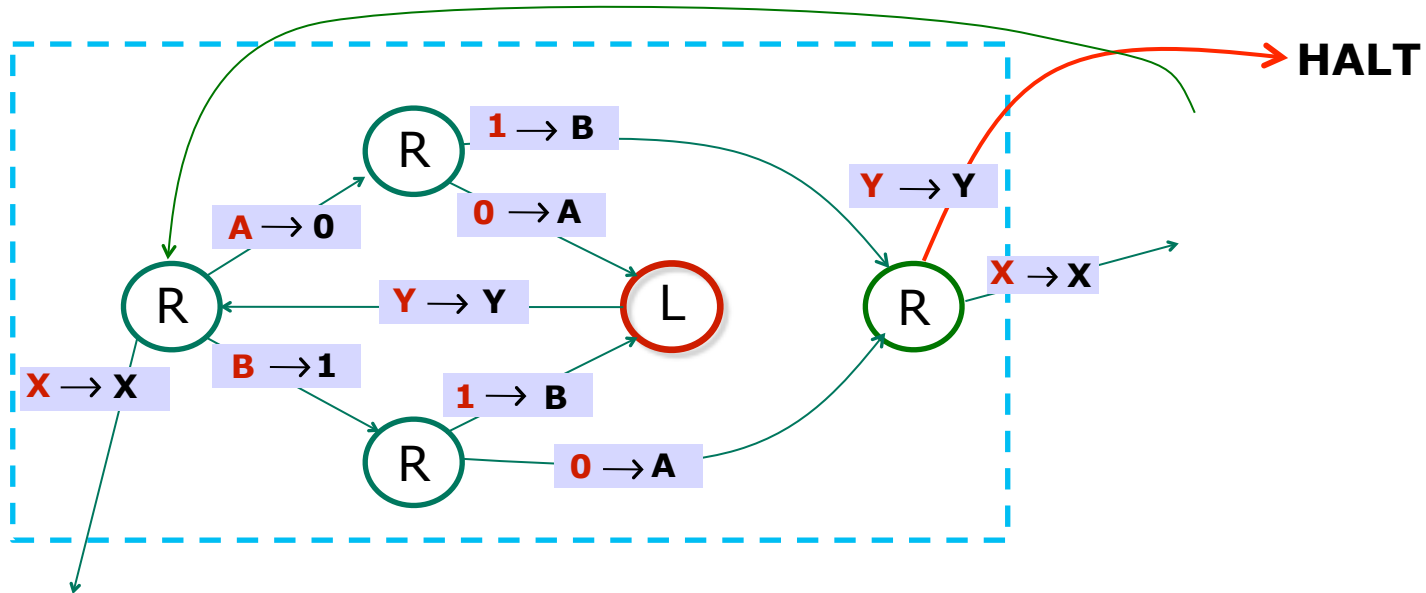




# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

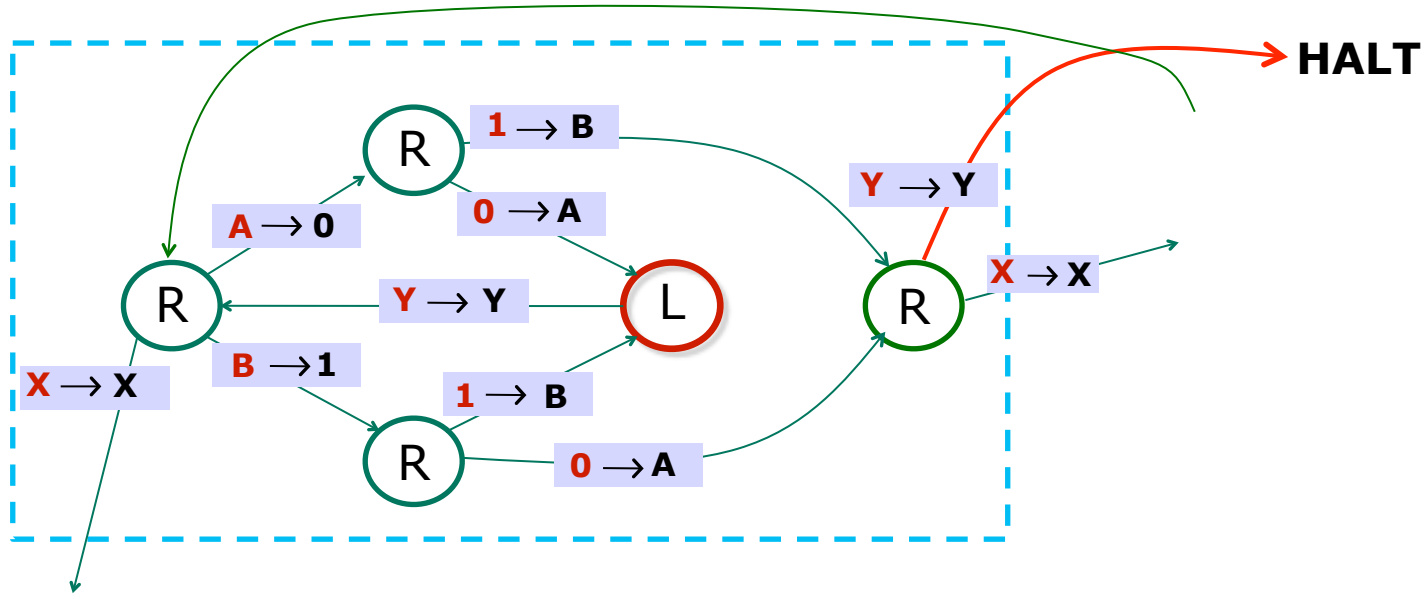
P1



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P1



...	0	1	1	0	M	1	0	0	1	...	Y	0	1	1	1	X	A	B	A	B	A	A	A	X	A	B	B	B	0	0	1	0	0	X	...	Y
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---

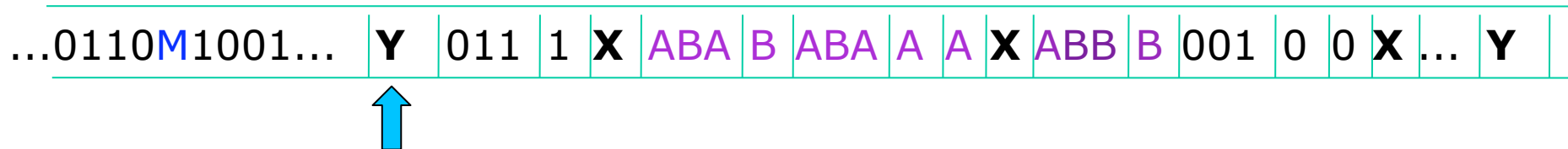
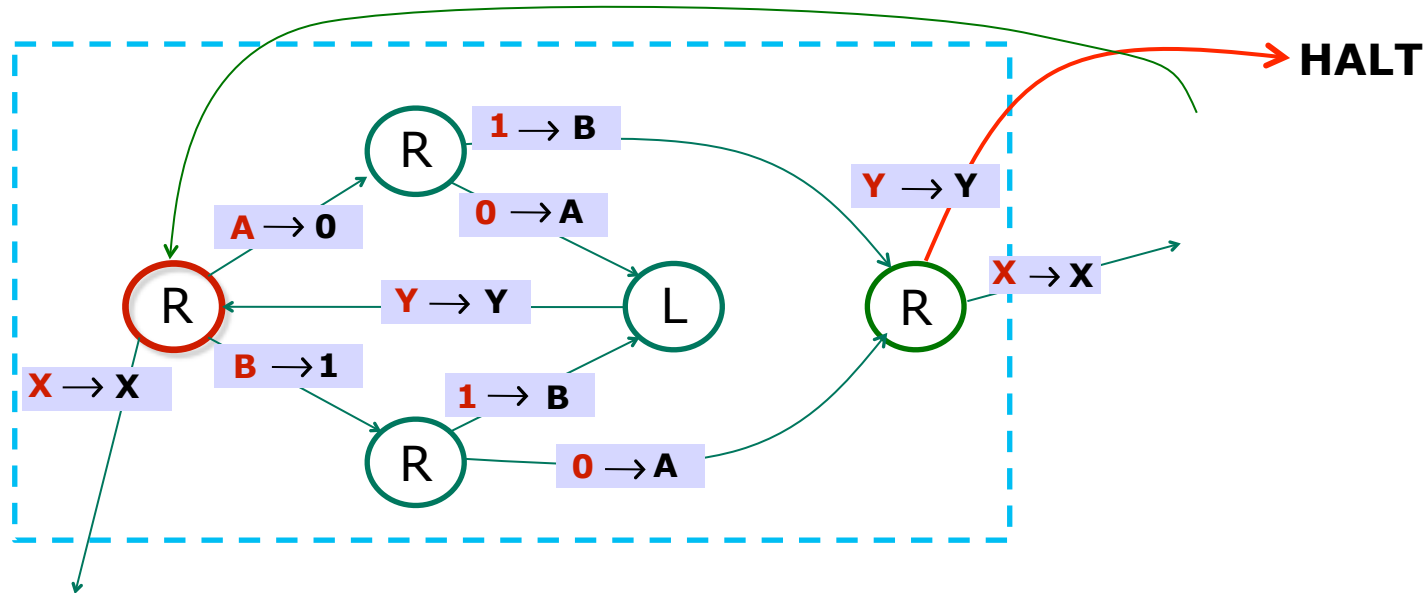


es passt!

# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

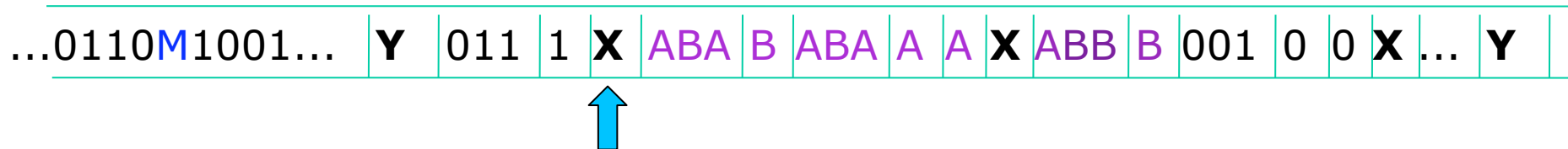
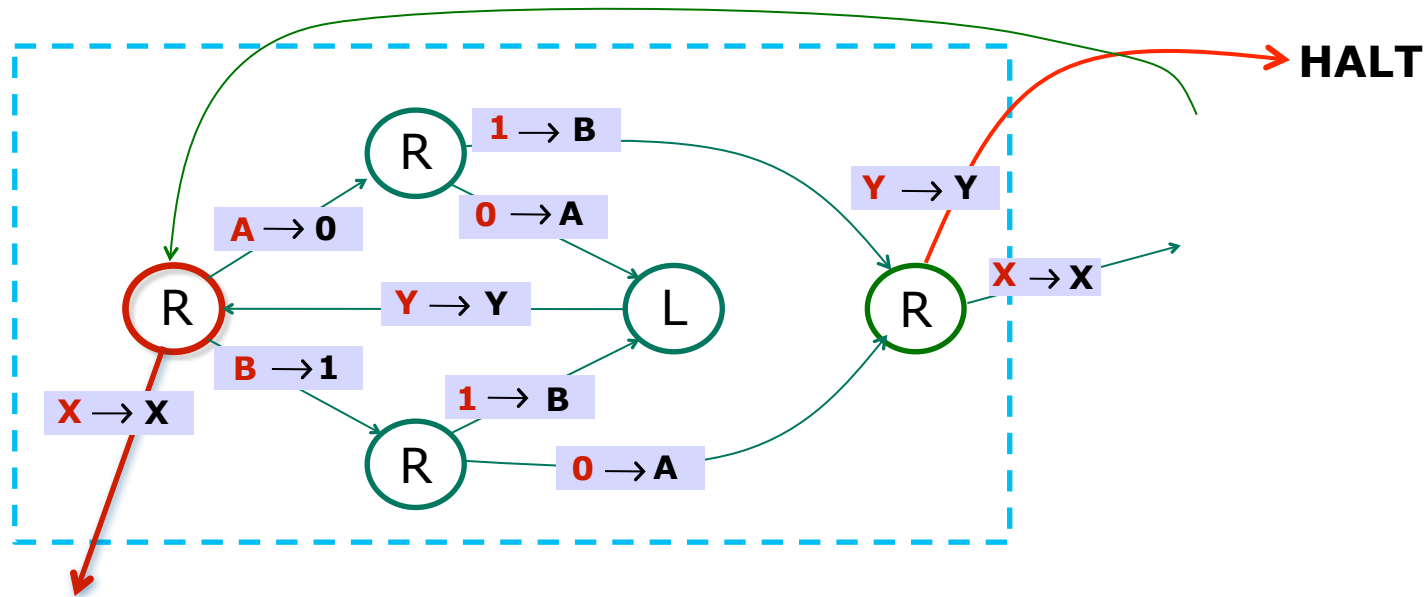
P1



# Die Universelle Turing-Maschine

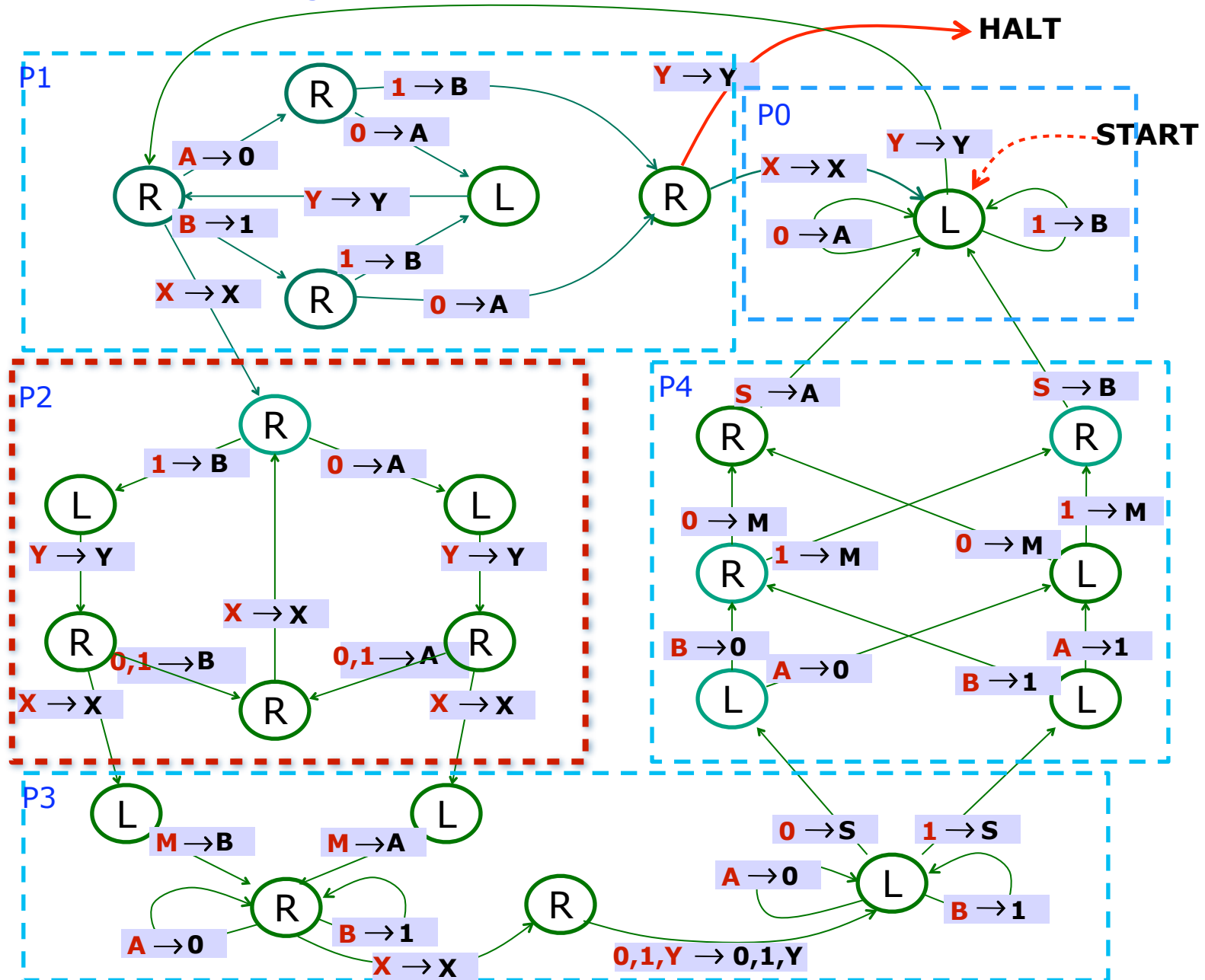
nach Minsky (1967)

P1



# Die Universelle-Turing-Maschine

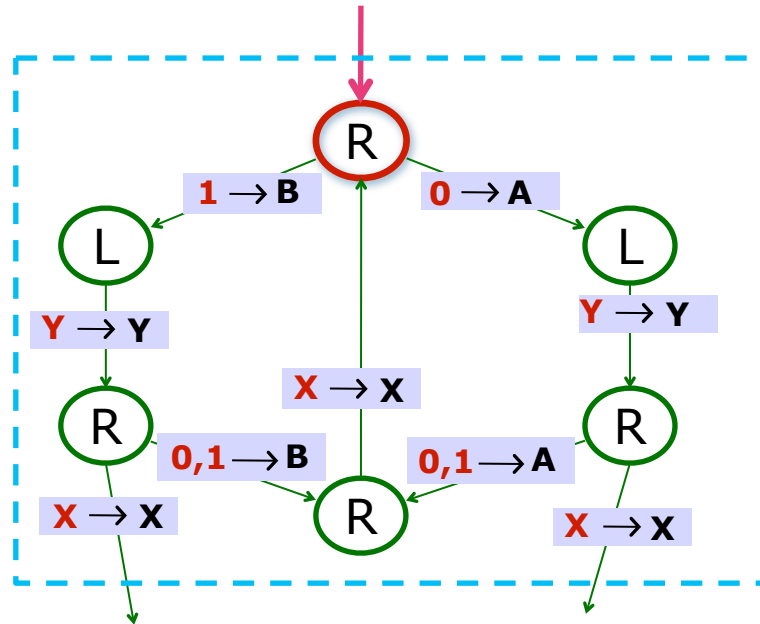
nach Minsky (1967)



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

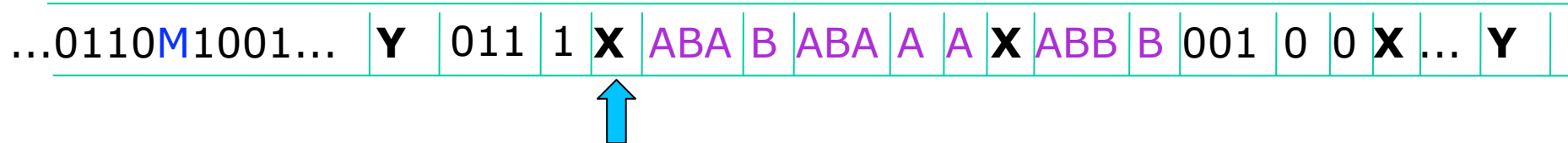
P2



Lesekopf nach rechts

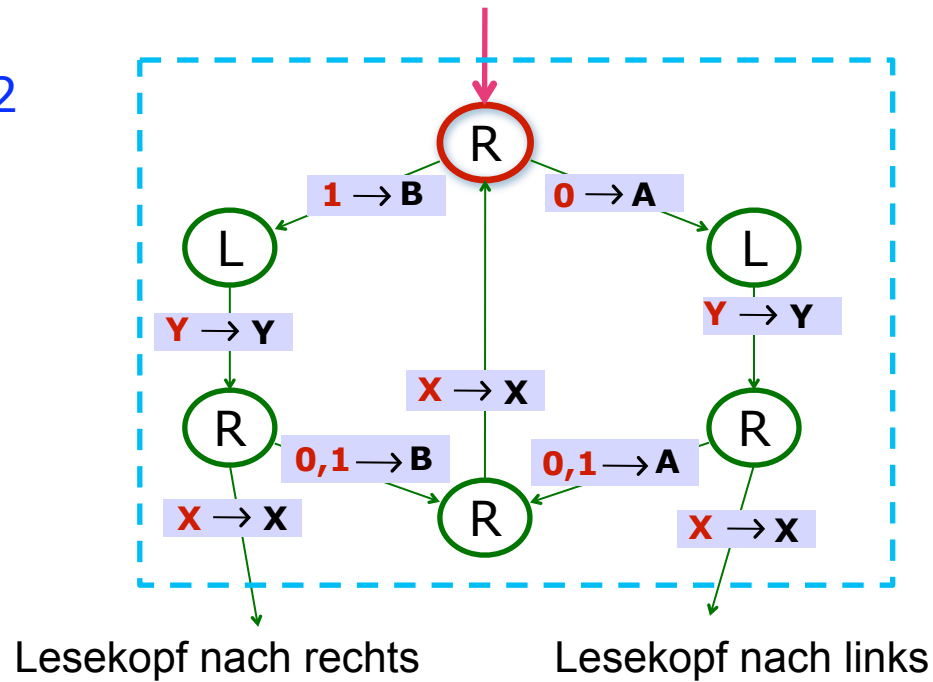
Lesekopf nach links

Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

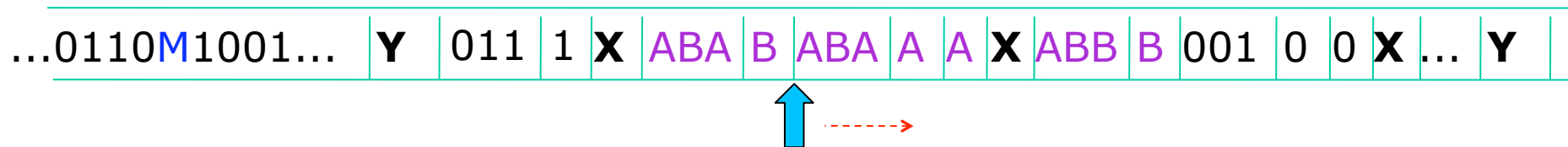


nach Minsky (1967)

P2



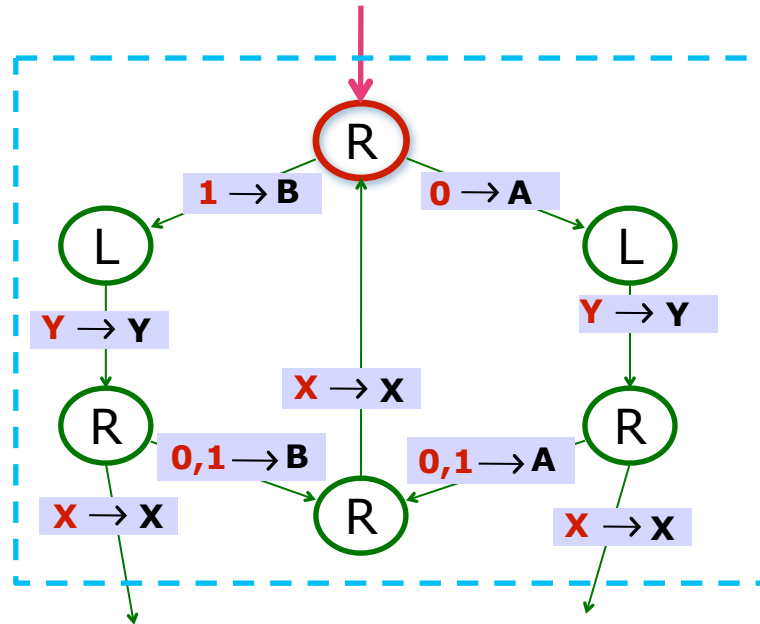
Hier werden der neue Zustand  
und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

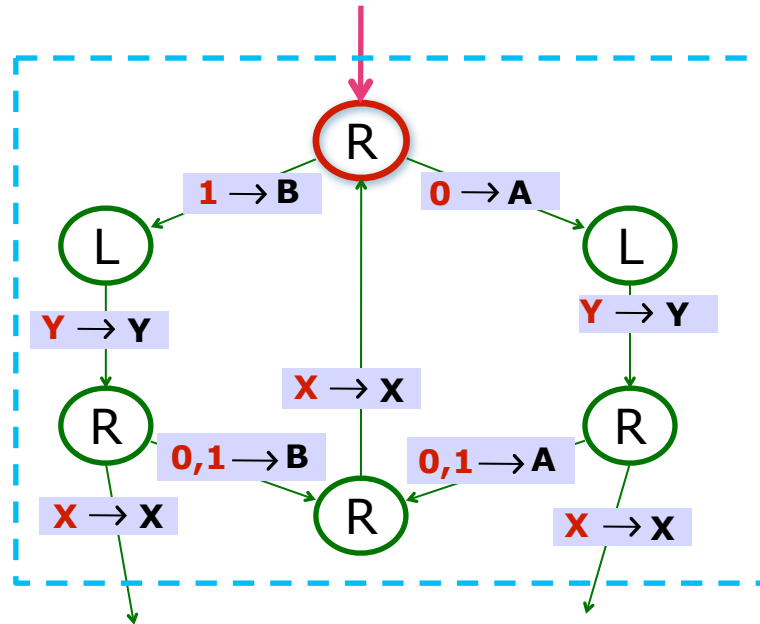




# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

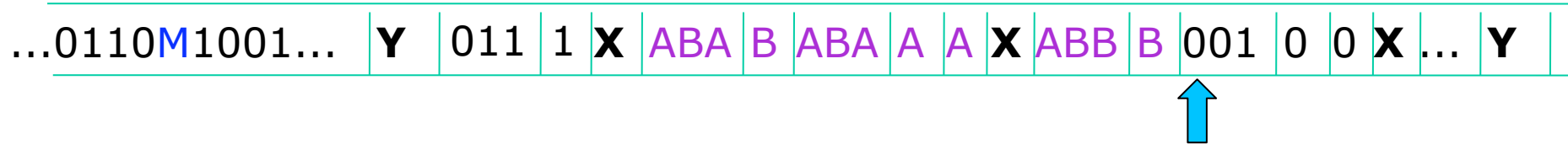
P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

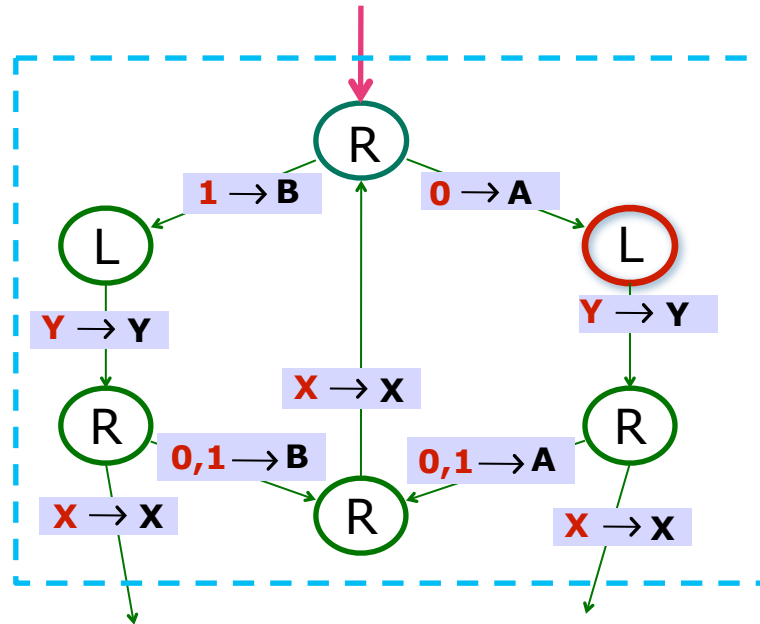
Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

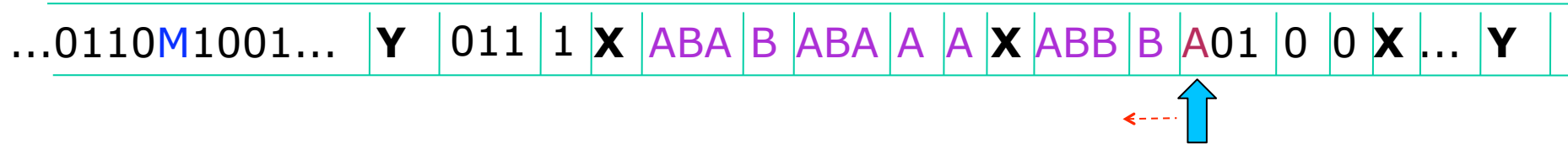
P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

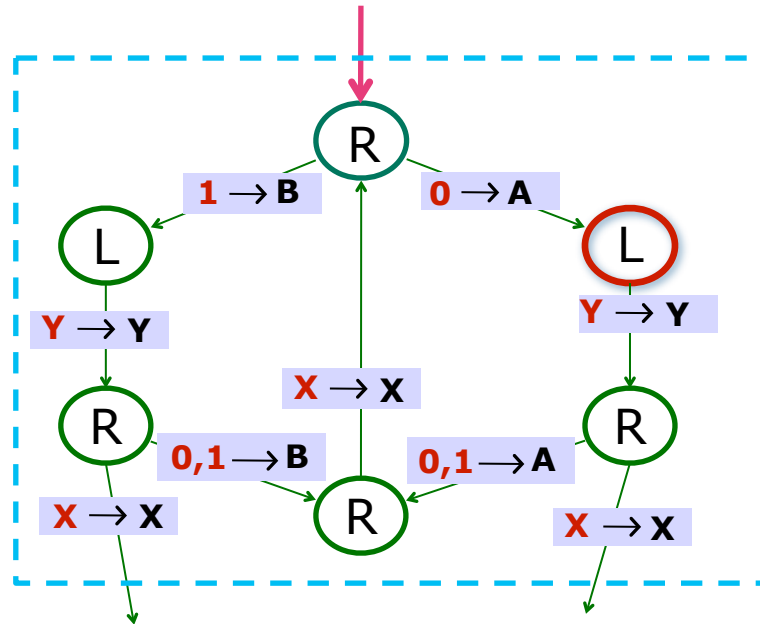
Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

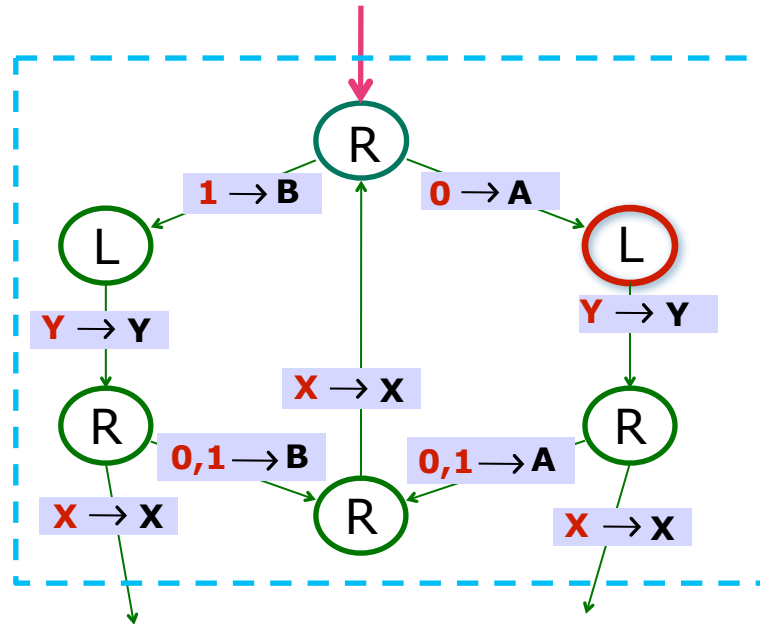
...0110M1001... | Y | 011 | 1 | X | ABA | B | ABA | A | A | X | ABB | B | A01 | 0 | 0 | X | ... | Y



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

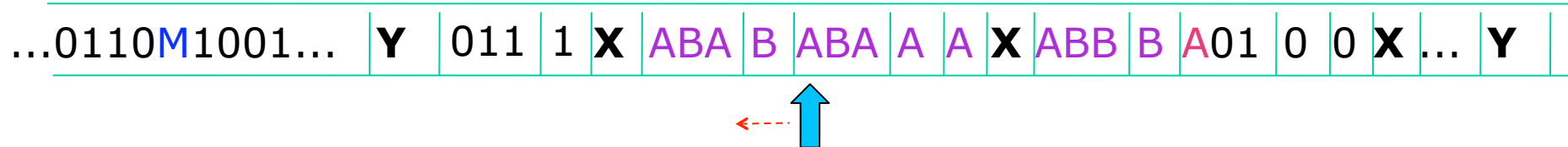
P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

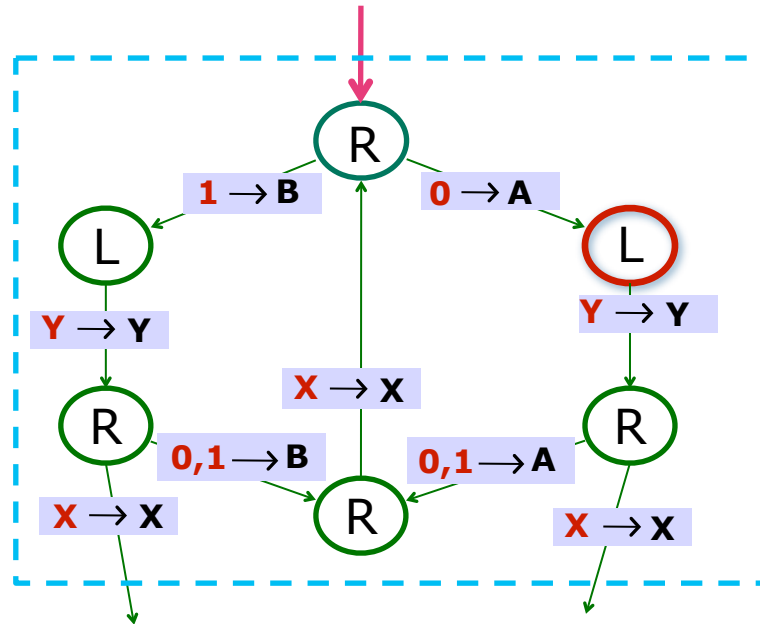
Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

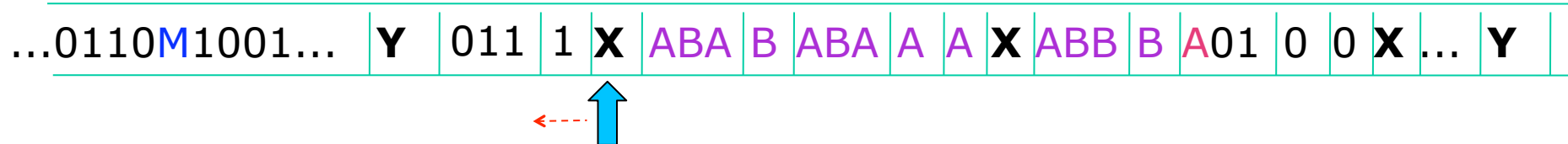
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

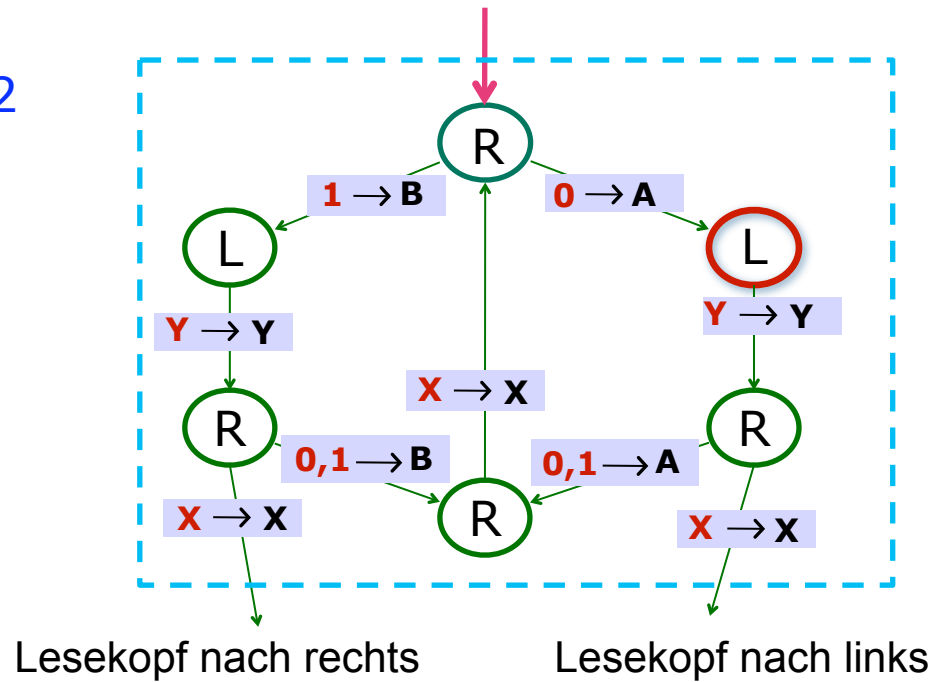
Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

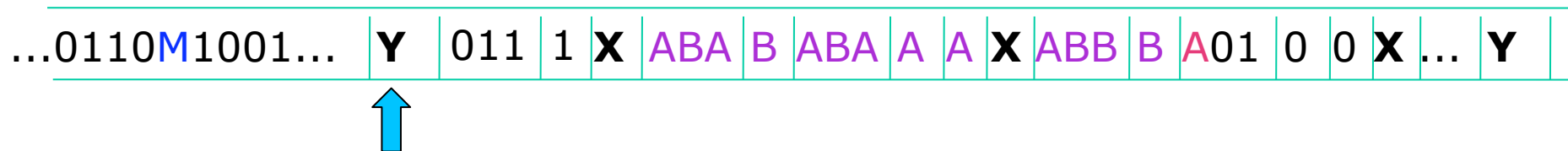


nach Minsky (1967)

P2



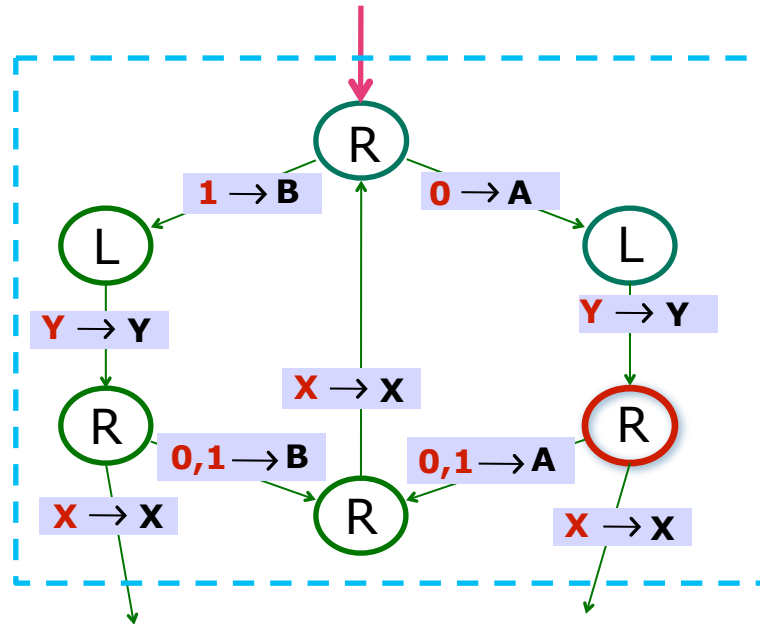
Hier werden der neue Zustand  
und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

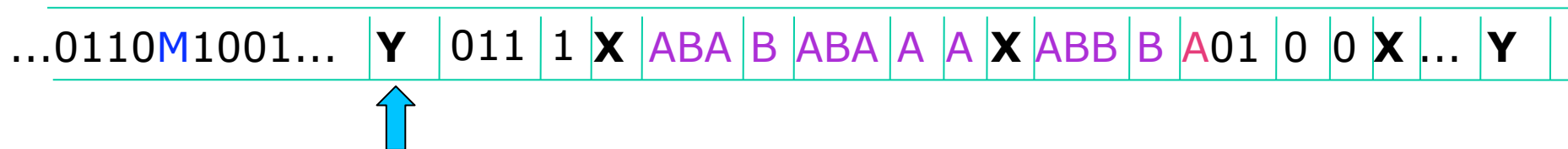
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

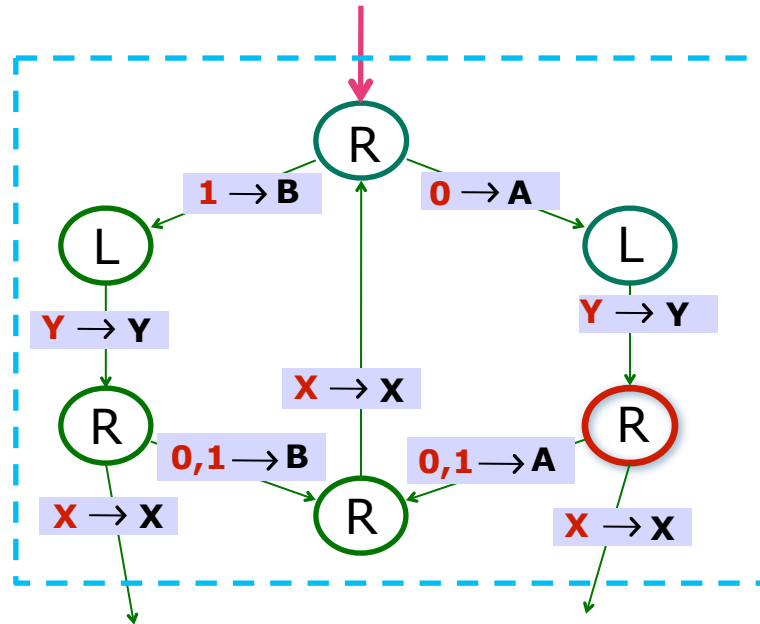
Lesekopf nach links



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

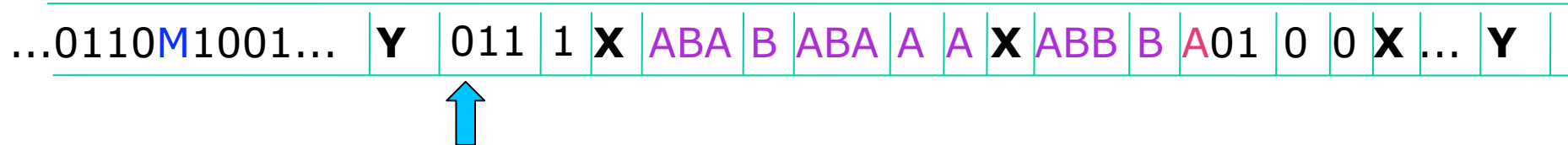
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

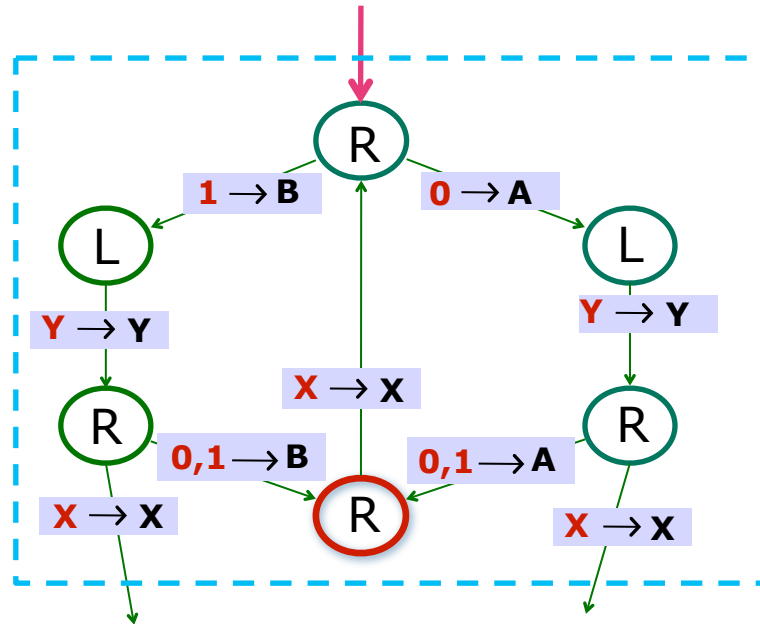




# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

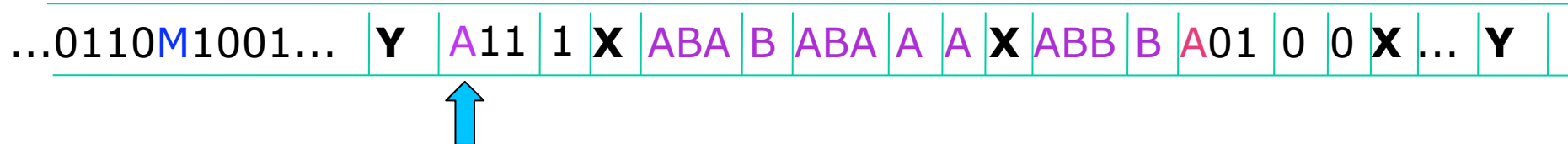
P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

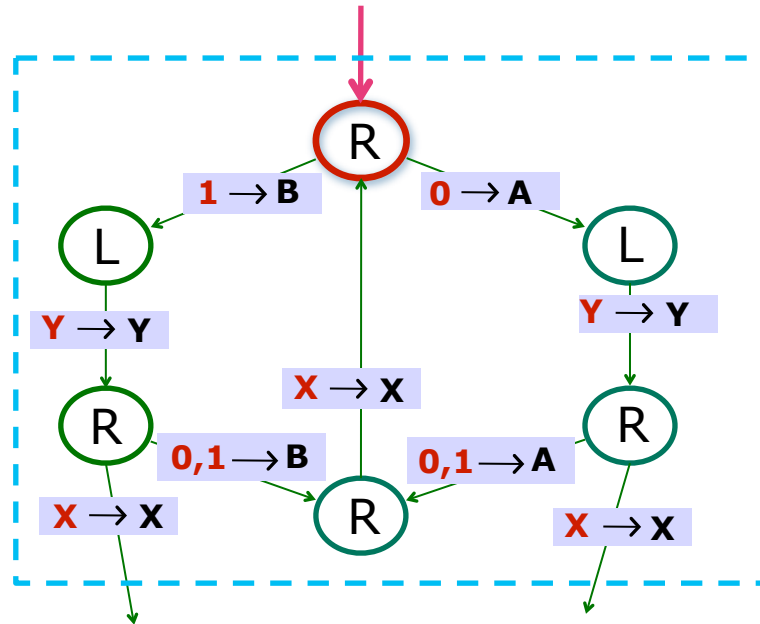
Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

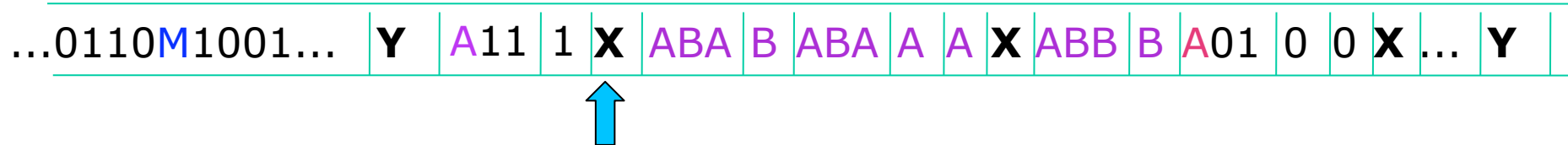
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

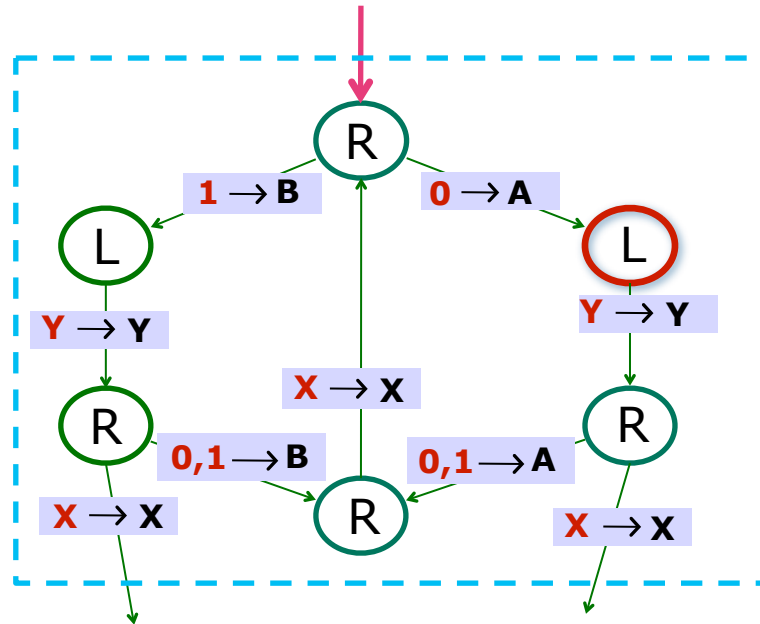
Lesekopf nach links



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

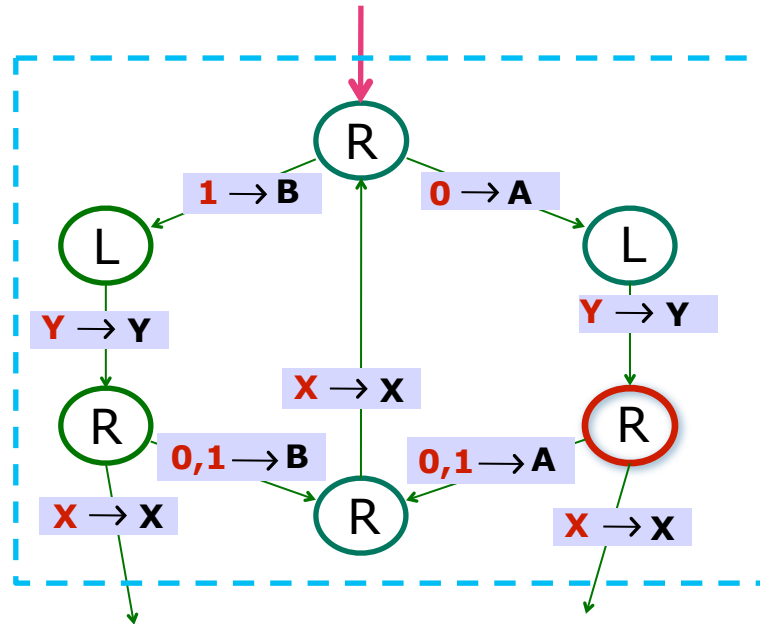
Lesekopf nach links



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

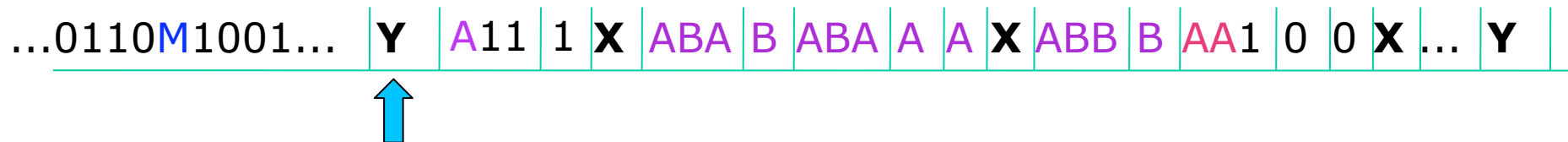
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

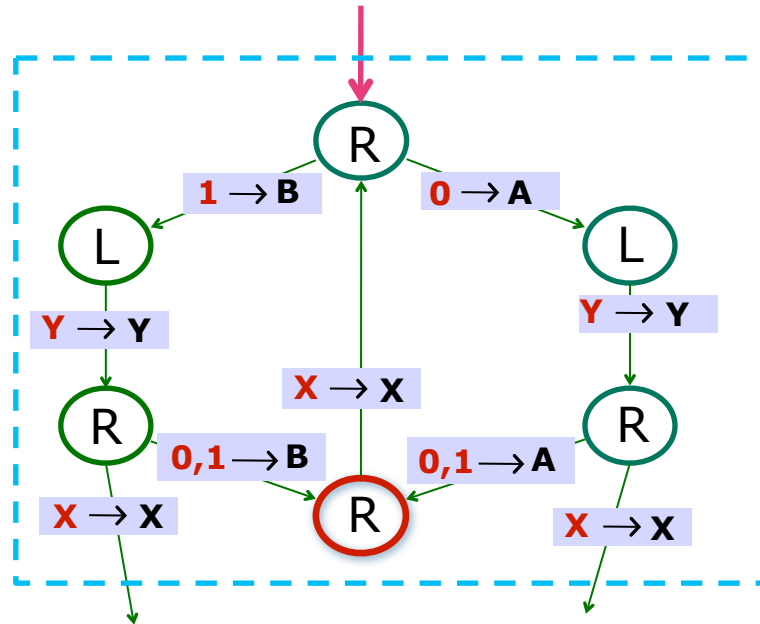
Lesekopf nach links



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

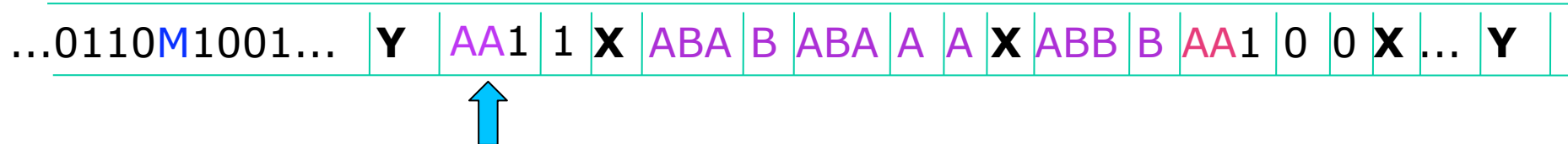
P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

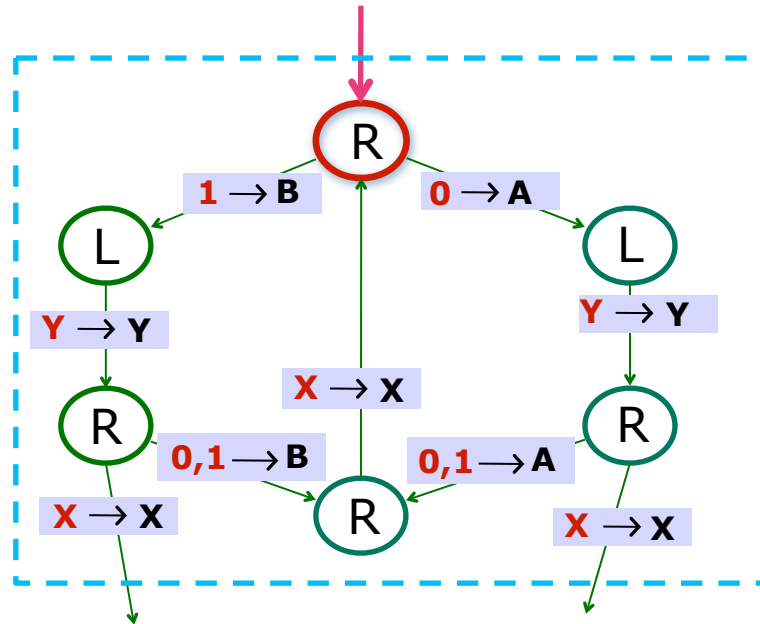
Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

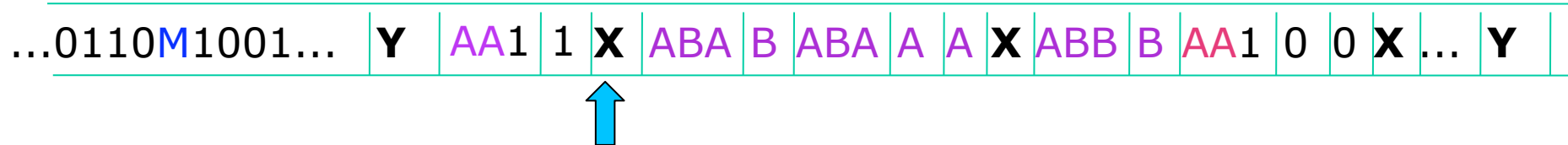
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

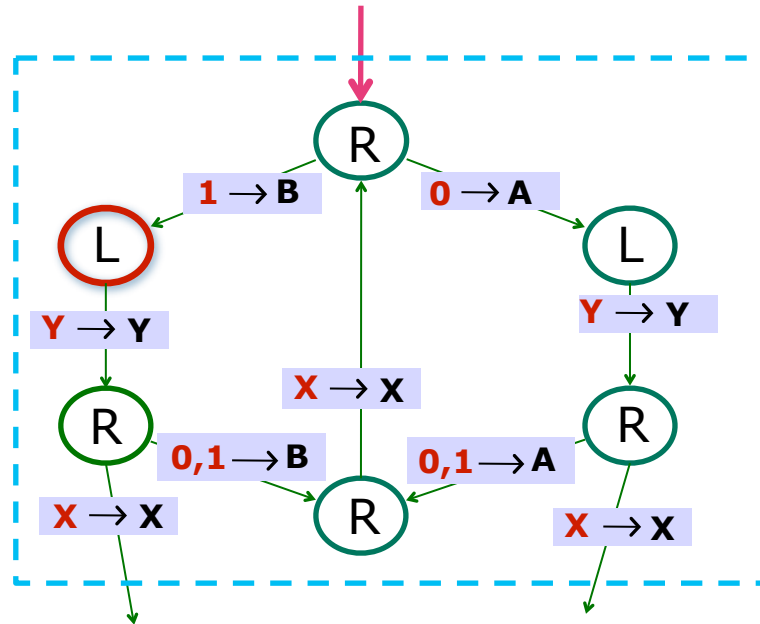
Lesekopf nach links



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P2



Lese Kopf nach rechts

Lese Kopf nach links

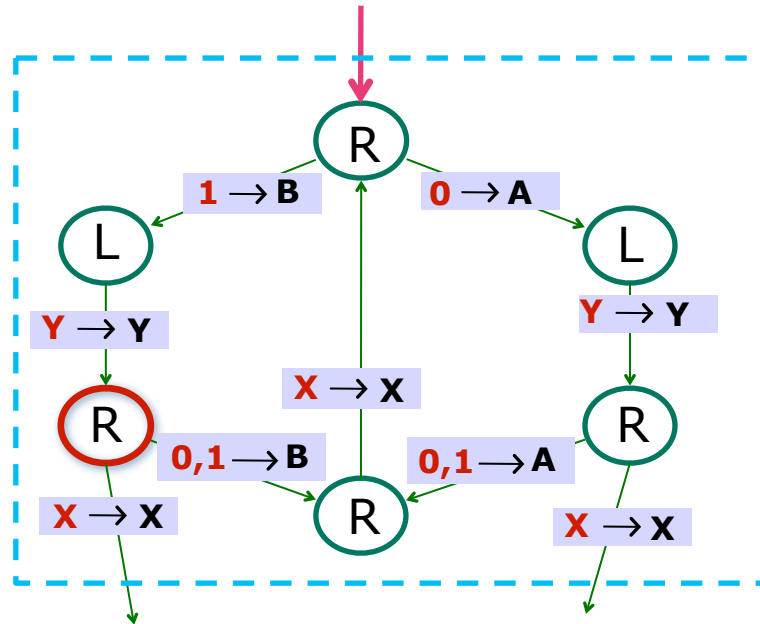
Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

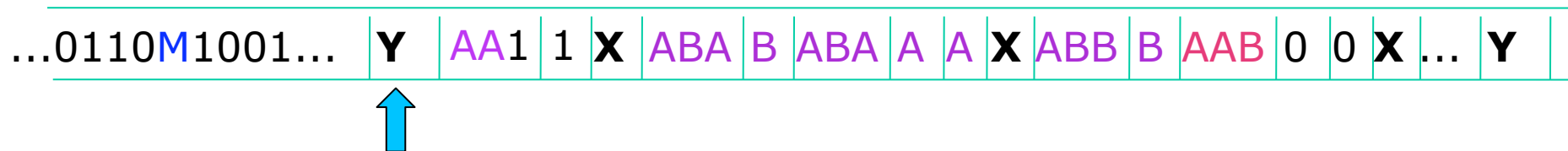
P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

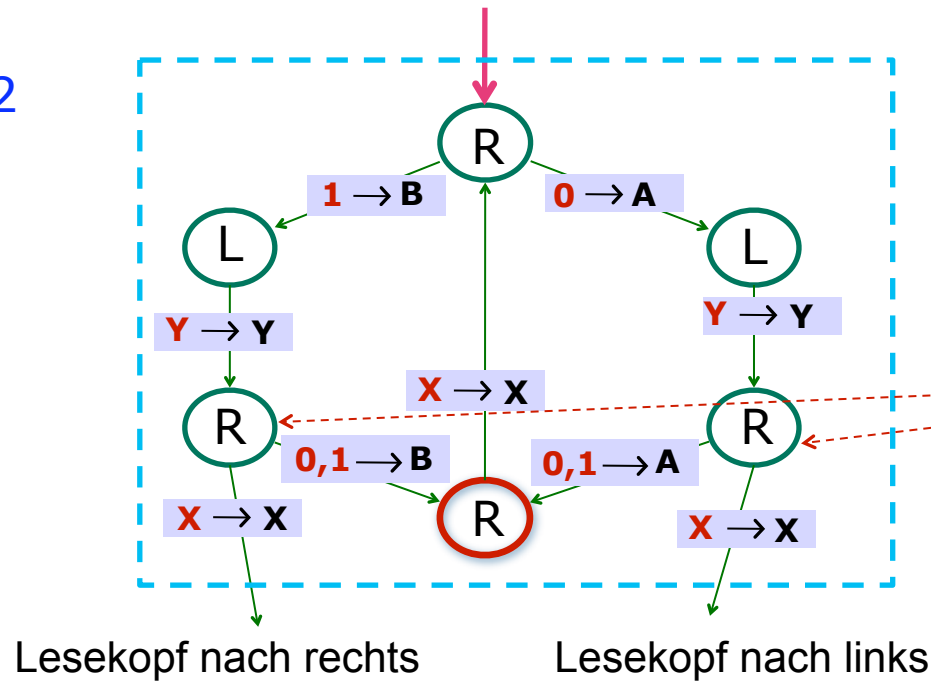




# Die Universelle Turing-Maschine

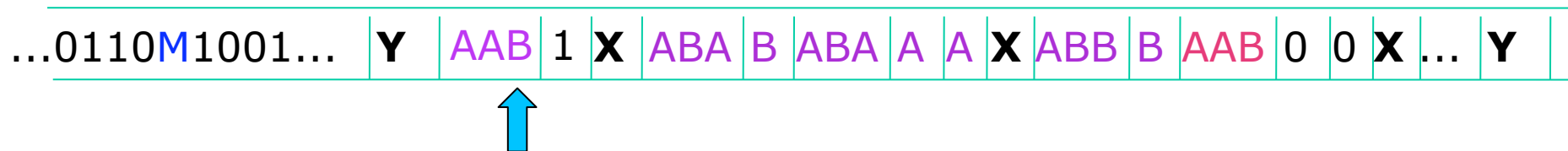
nach Minsky (1967)

P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

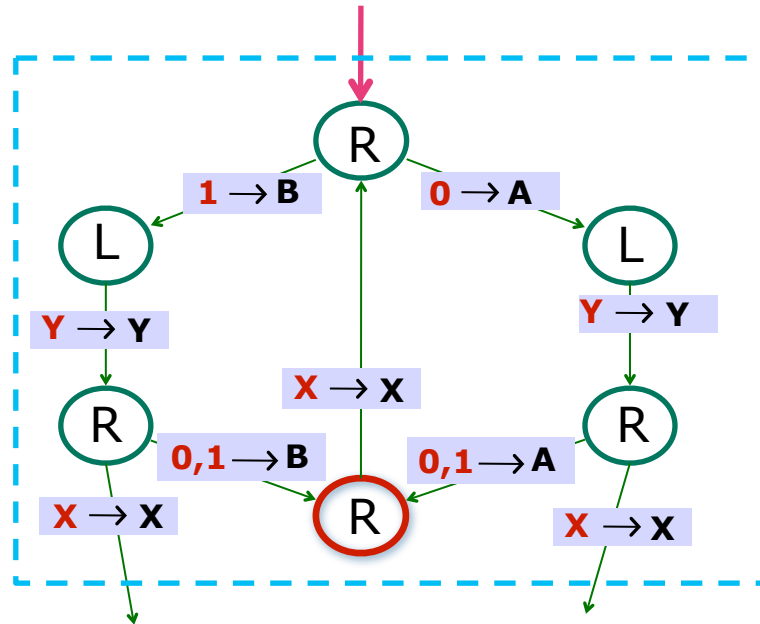
Hier werden die Bits des neuen Zustands überschrieben.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

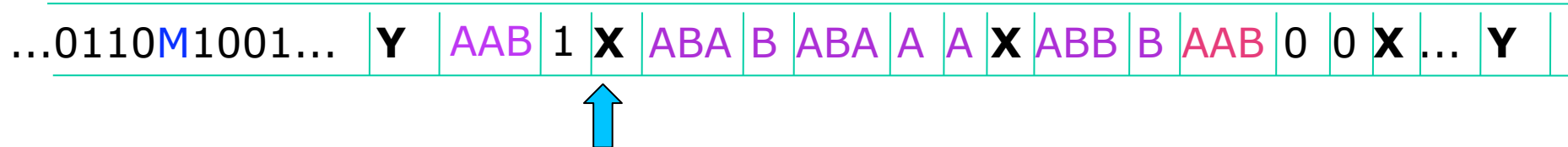
P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

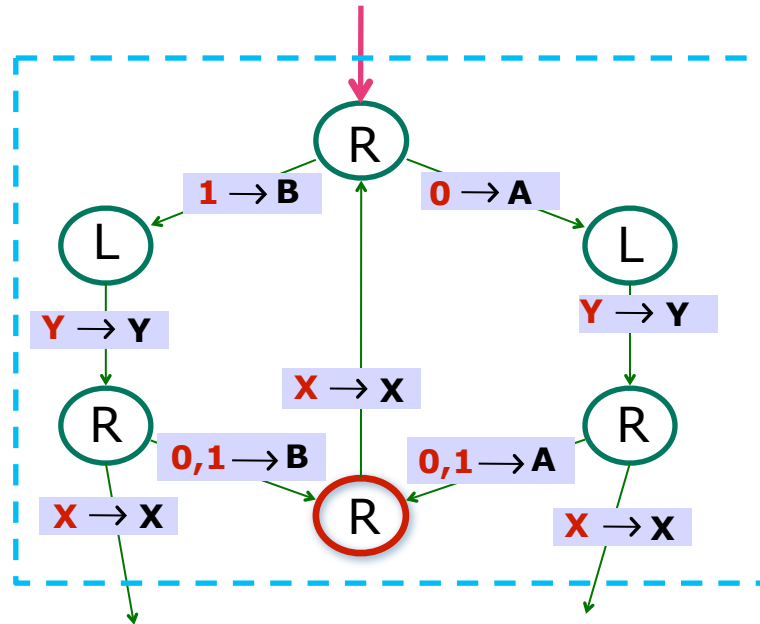
Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

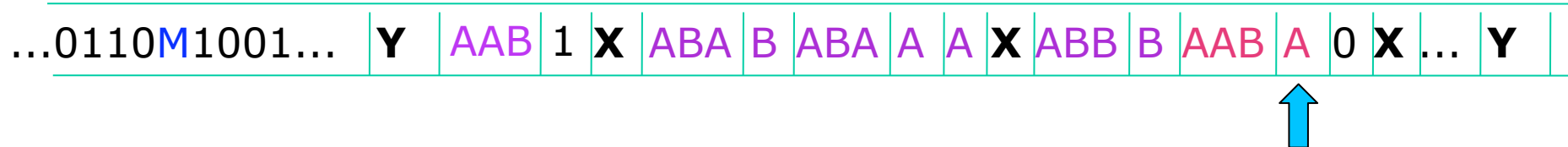
P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

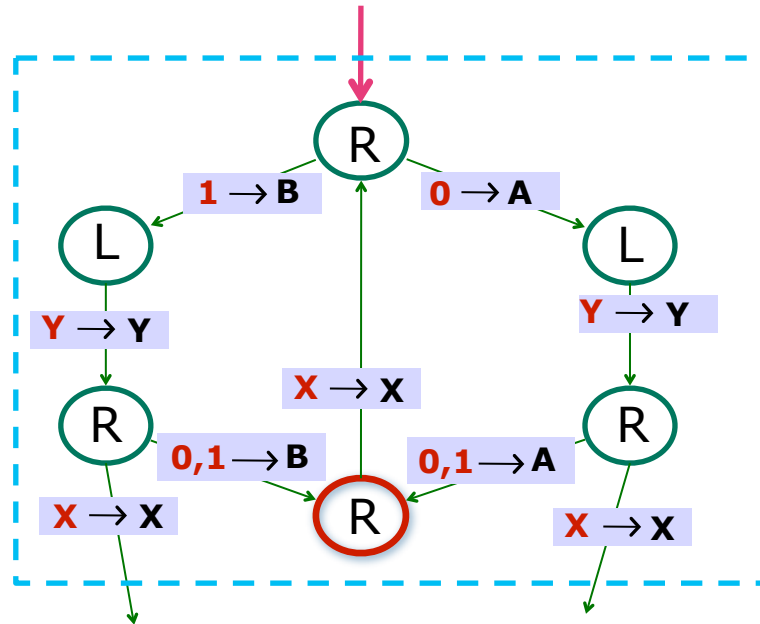
Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

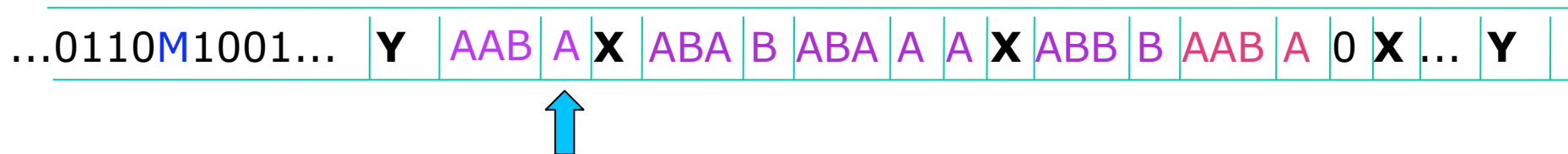
P2



Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

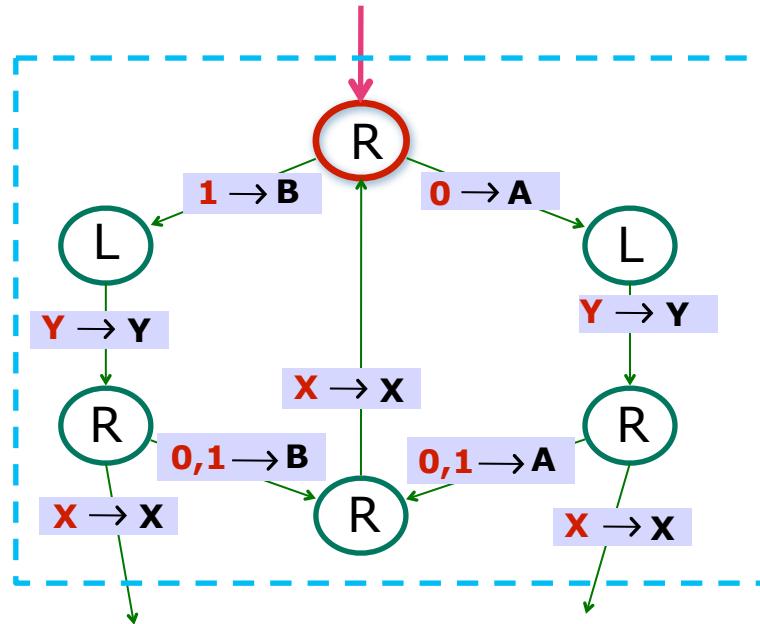
Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

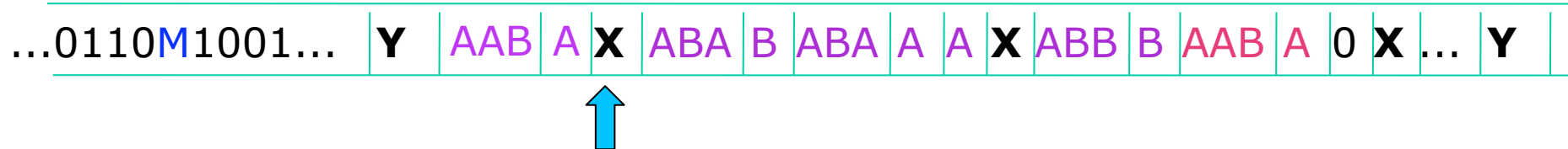
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

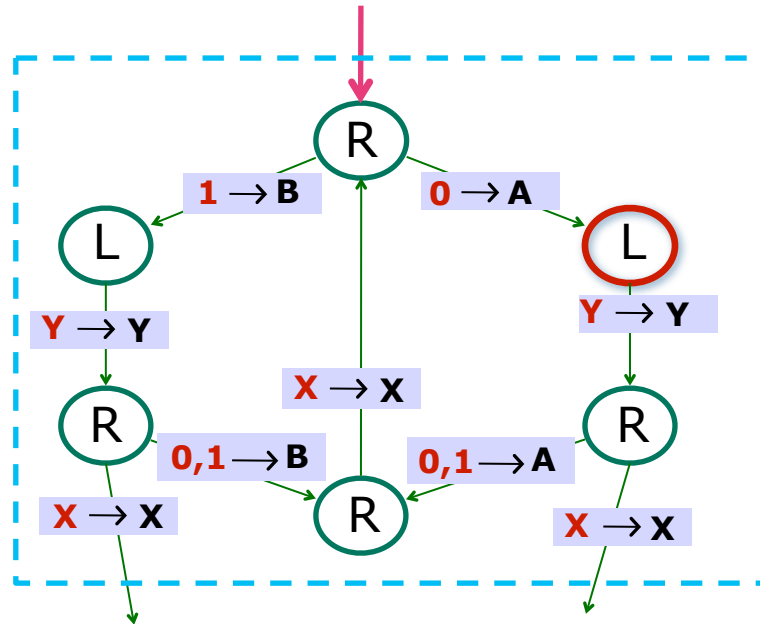
Lesekopf nach links



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

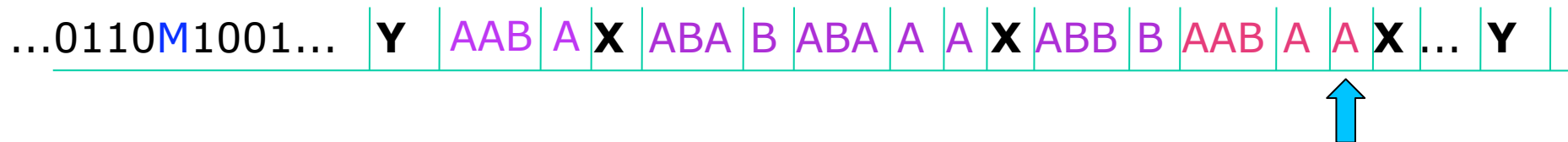
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

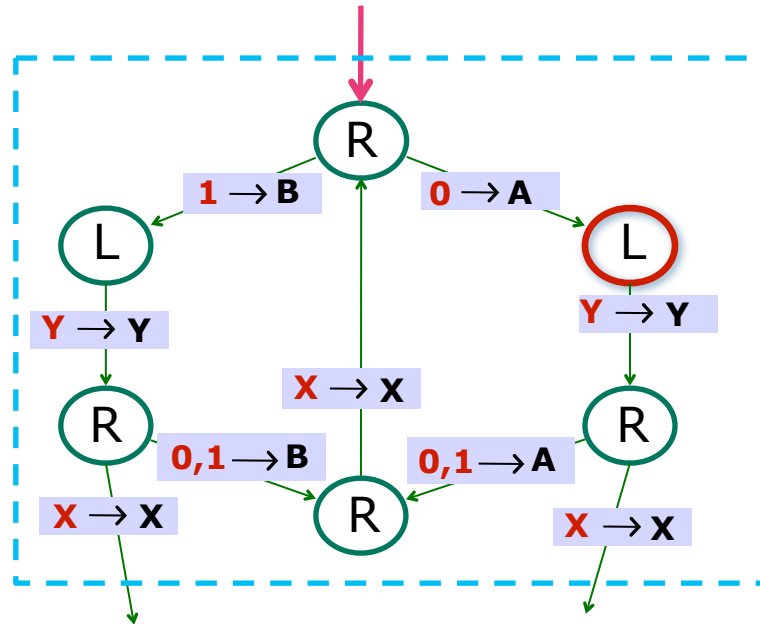
Lesekopf nach links



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

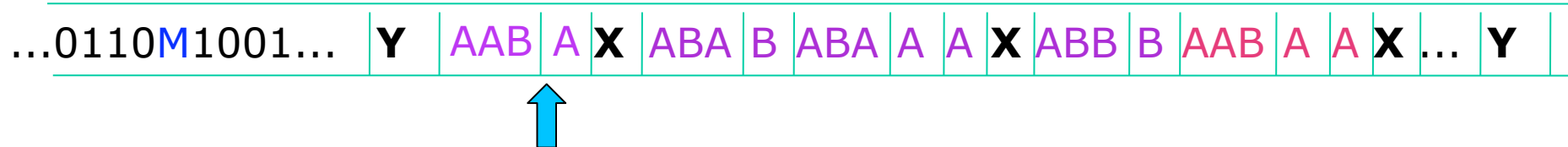
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

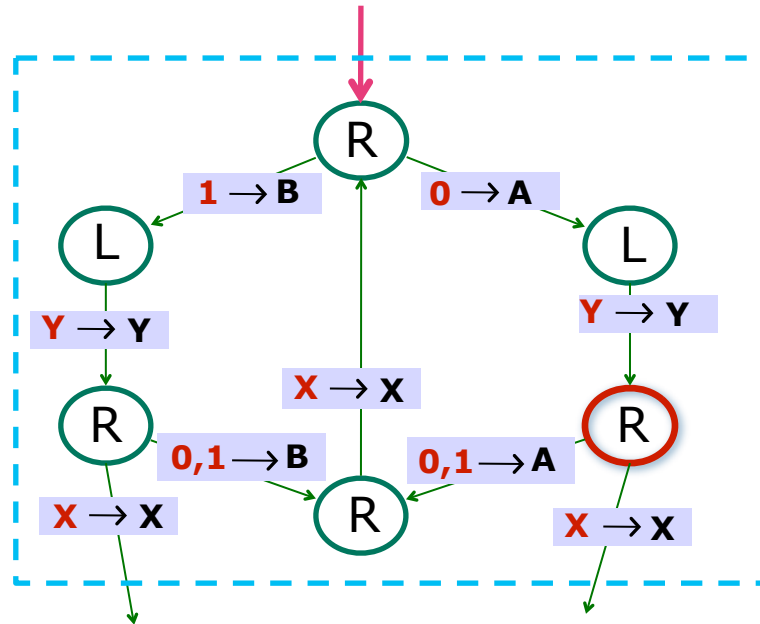
Lesekopf nach links



# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

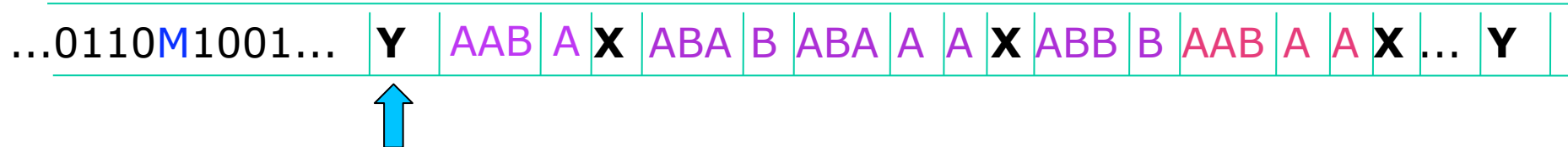
P2



Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.

Lesekopf nach rechts

Lesekopf nach links

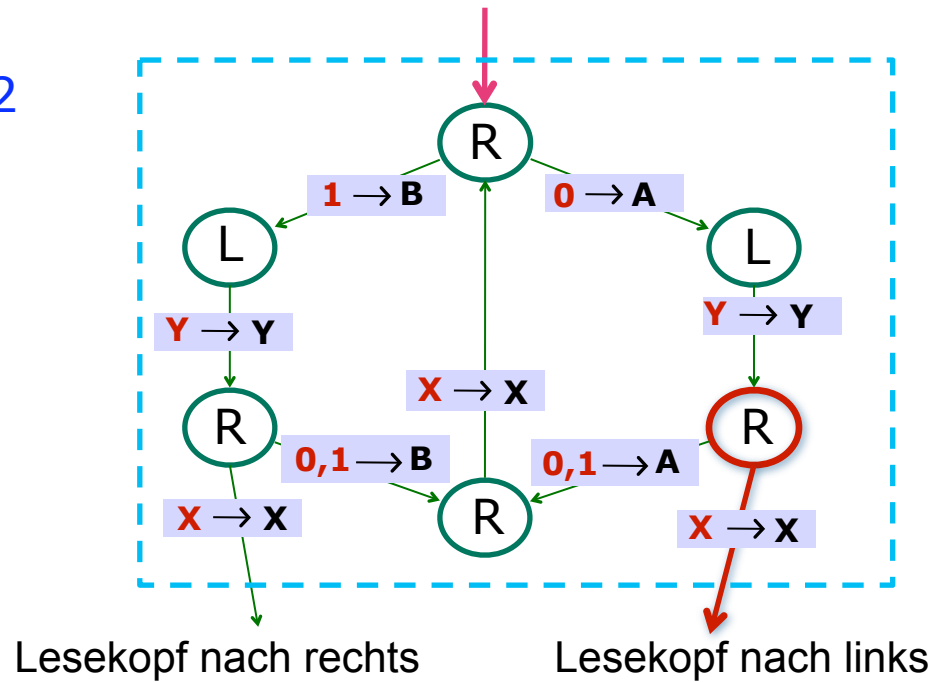




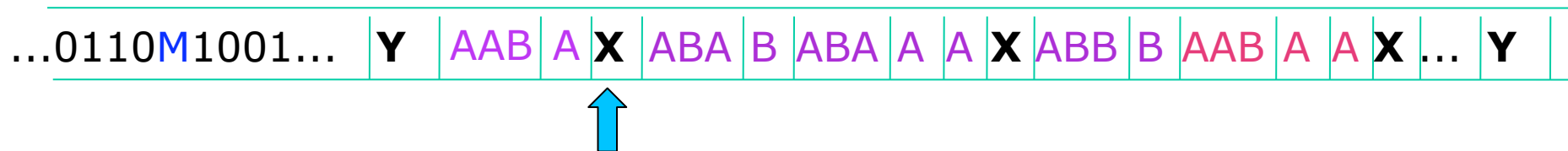
# Die Universelle Turing-Maschine

nach Minsky (1967)

P2

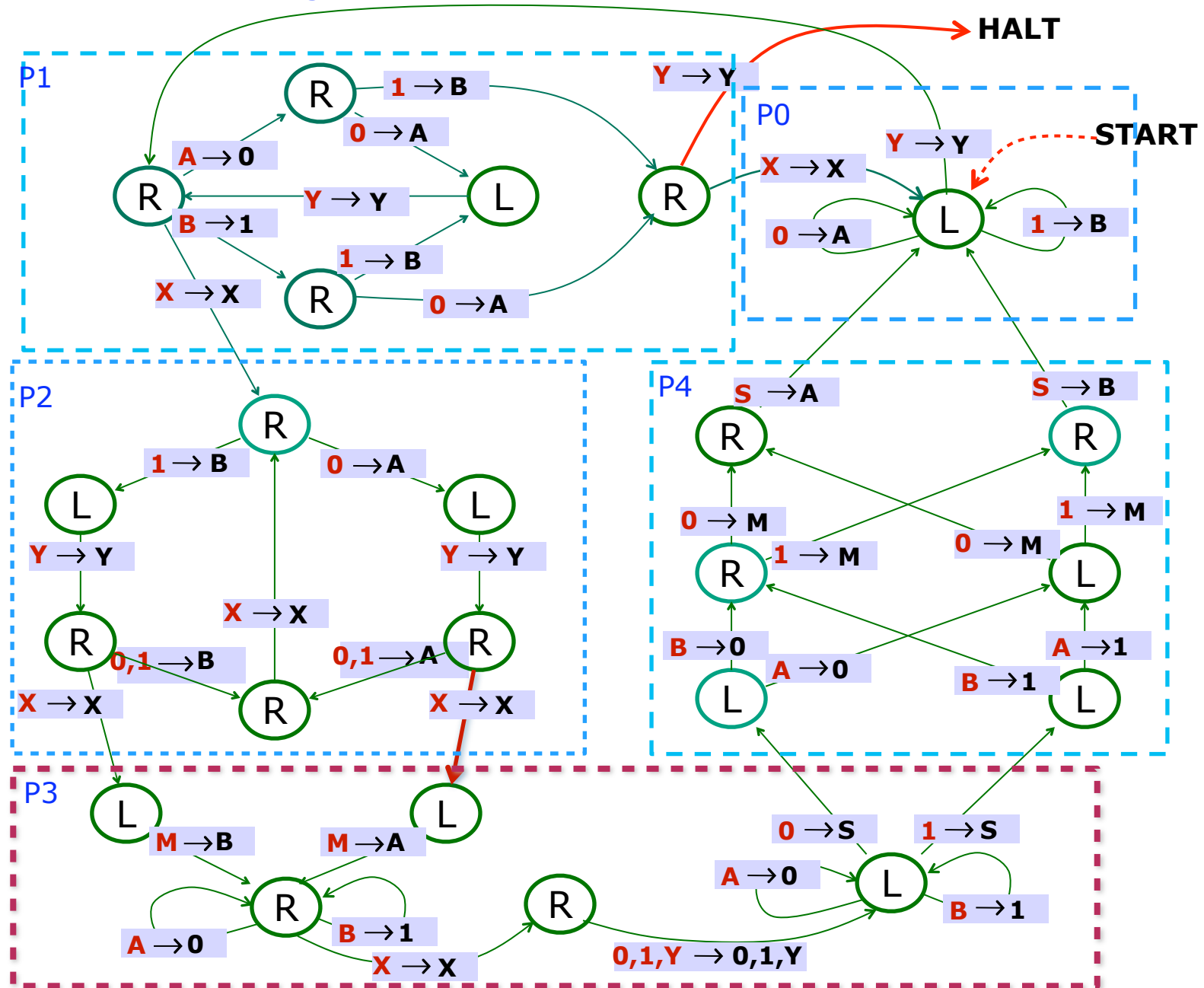


Hier werden der neue Zustand und die Ausgabe kopiert.



# Die Universelle-Turing-Maschine

nach Minsky (1967)



# Die Universelle Turing-Maschine

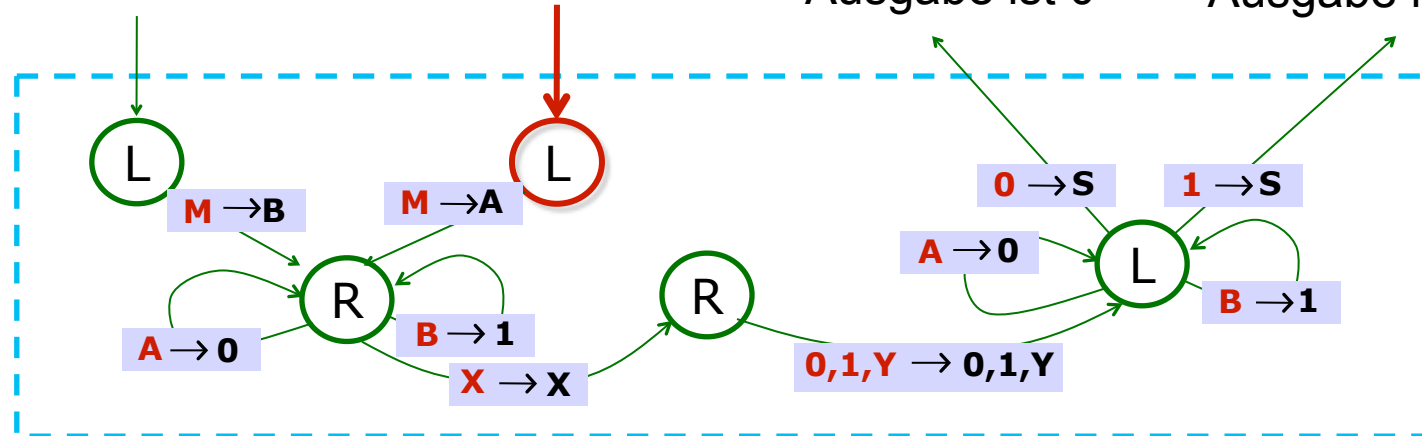
nach Minsky (1967)

P3

Speichert die Kopfbewegung in M

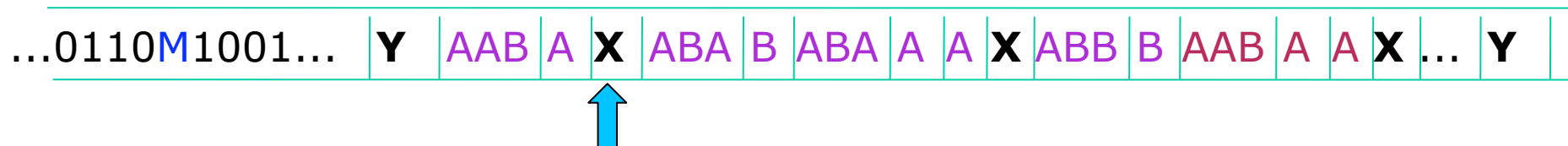
Ausgabe ist 0

Ausgabe ist 1



Der aktuelle Zustand und Inhalt des Kopfes werden hier zurückgesetzt

Hier wird die Tabelle zurückgesetzt



# Die Universelle Turing-Maschine

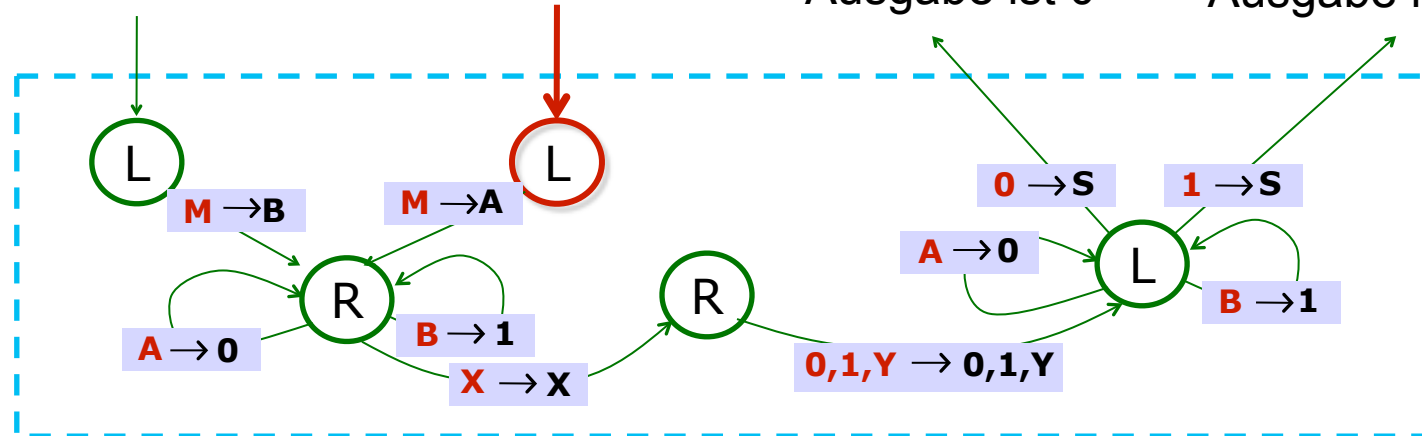
nach Minsky (1967)

P3

Speichert die Kopfbewegung in M

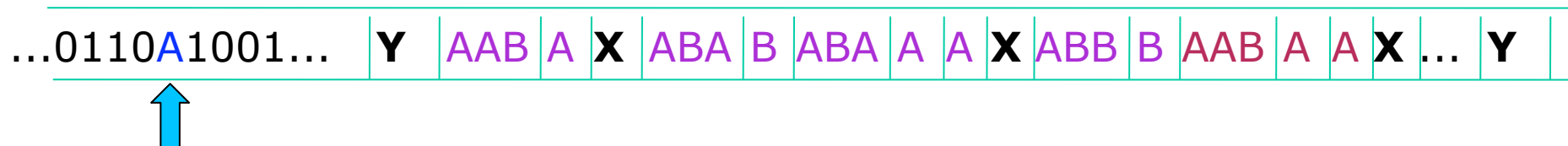
Ausgabe ist 0

Ausgabe ist 1



Der aktuelle Zustand und Inhalt des Kopfes werden hier zurückgesetzt

Hier wird die Tabelle zurückgesetzt



# Die Universelle Turing-Maschine

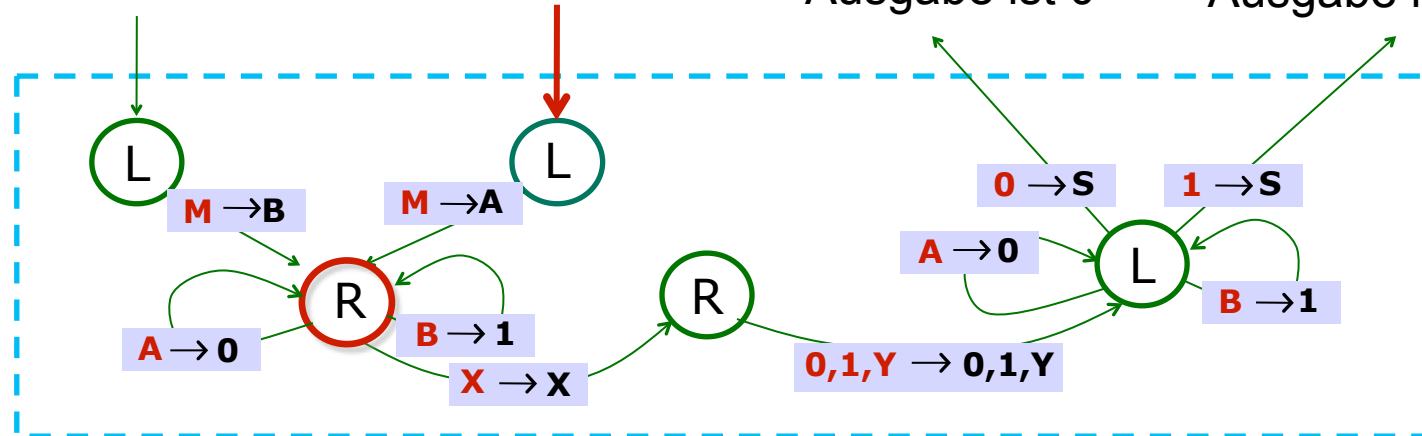
nach Minsky (1967)

P3

Speichert die Kopfbewegung in M

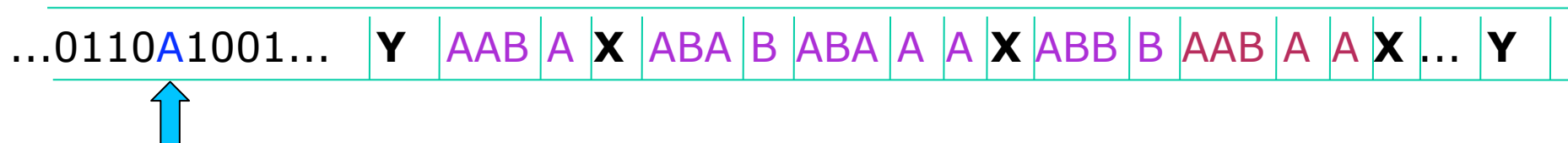
Ausgabe ist 0

Ausgabe ist 1



Der aktuelle Zustand und Inhalt des Kopfes werden hier zurückgesetzt

Hier wird die Tabelle zurückgesetzt



# Die Universelle Turing-Maschine

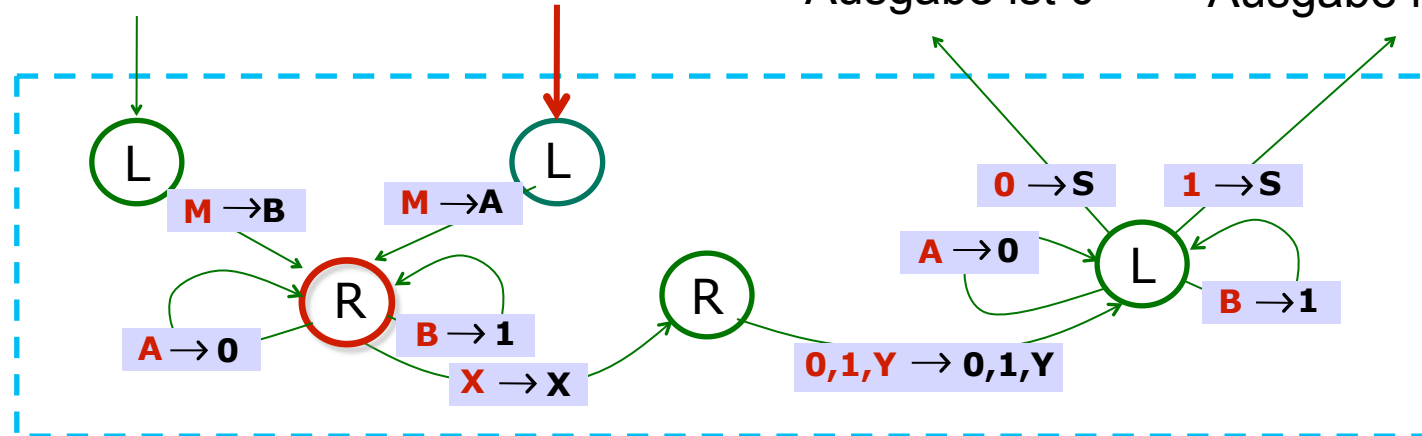
nach Minsky (1967)

P3

Speichert die Kopfbewegung in M

Ausgabe ist 0

Ausgabe ist 1



Der aktuelle Zustand und Inhalt des Kopfes werden hier zurückgesetzt

Hier wird die Tabelle zurückgesetzt



# Die Universelle Turing-Maschine

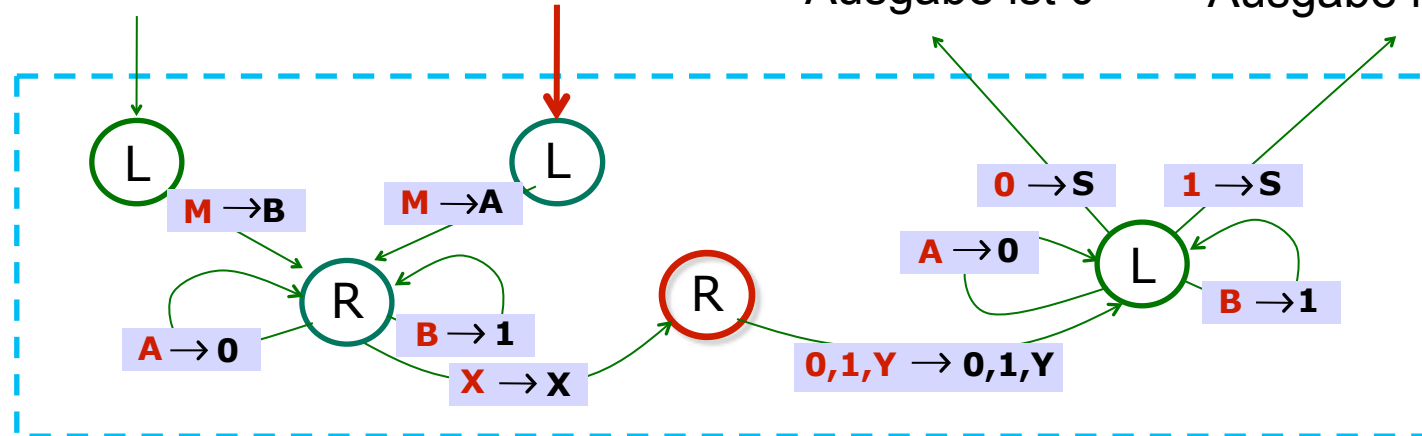
nach Minsky (1967)

P3

Speichert die Kopfbewegung in M

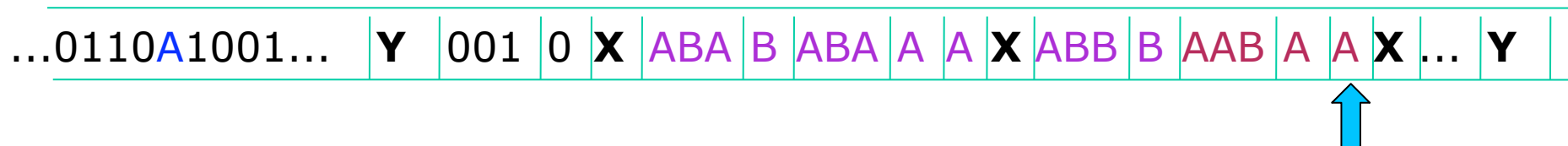
Ausgabe ist 0

Ausgabe ist 1



Der aktuelle Zustand und Inhalt des Kopfes werden hier zurückgesetzt

Hier wird die Tabelle zurückgesetzt



# Die Universelle Turing-Maschine

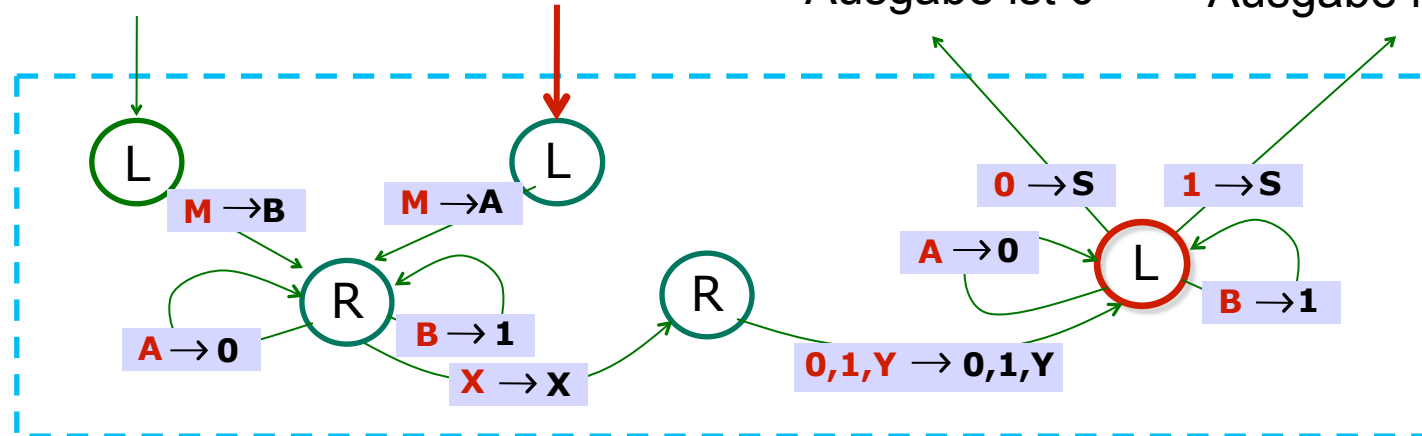
nach Minsky (1967)

P3

Speichert die Kopfbewegung in M

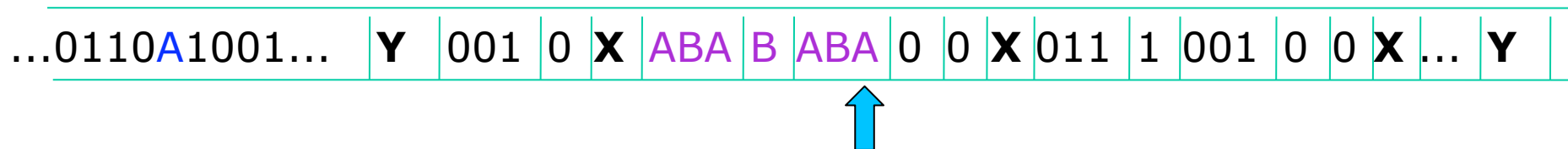
Ausgabe ist 0

Ausgabe ist 1



Der aktuelle Zustand und Inhalt des Kopfes werden hier zurückgesetzt

Hier wird die Tabelle zurückgesetzt





# Die Universelle Turing-Maschine

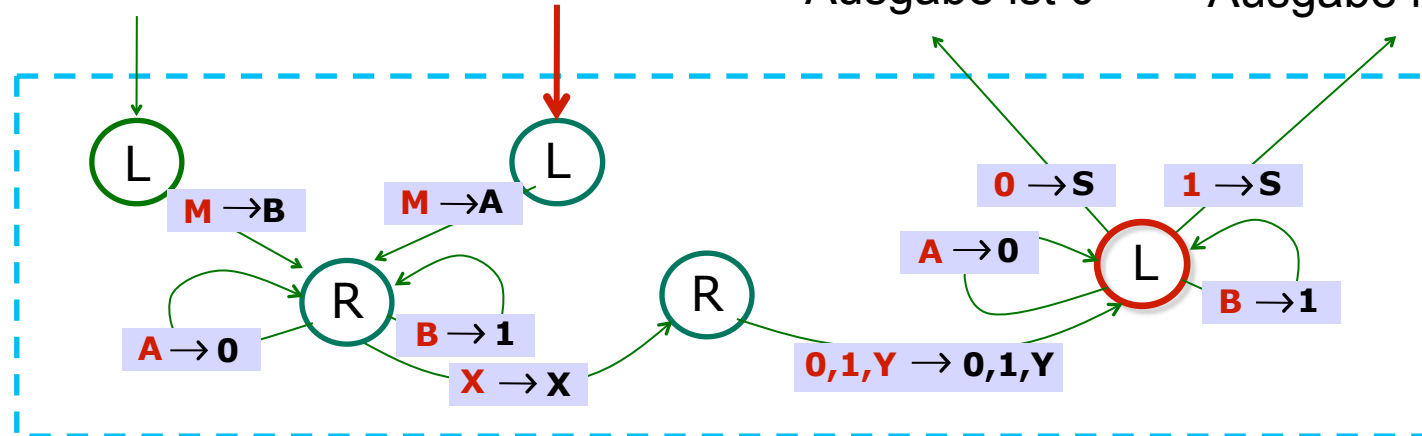
nach Minsky (1967)

P3

Speichert die Kopfbewegung in M

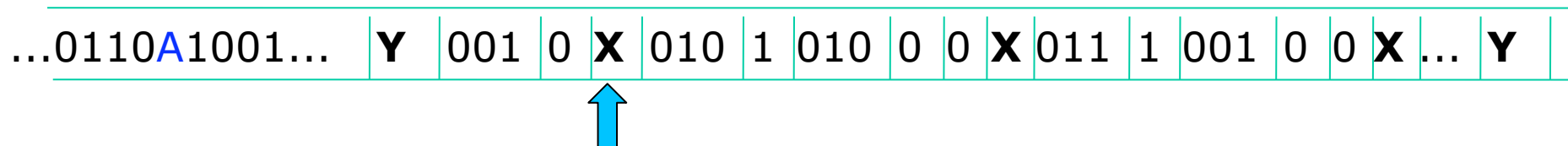
Ausgabe ist 0

Ausgabe ist 1



Der aktuelle Zustand und Inhalt des Kopfes werden hier zurückgesetzt

Hier wird die Tabelle zurückgesetzt



# Die Universelle Turing-Maschine

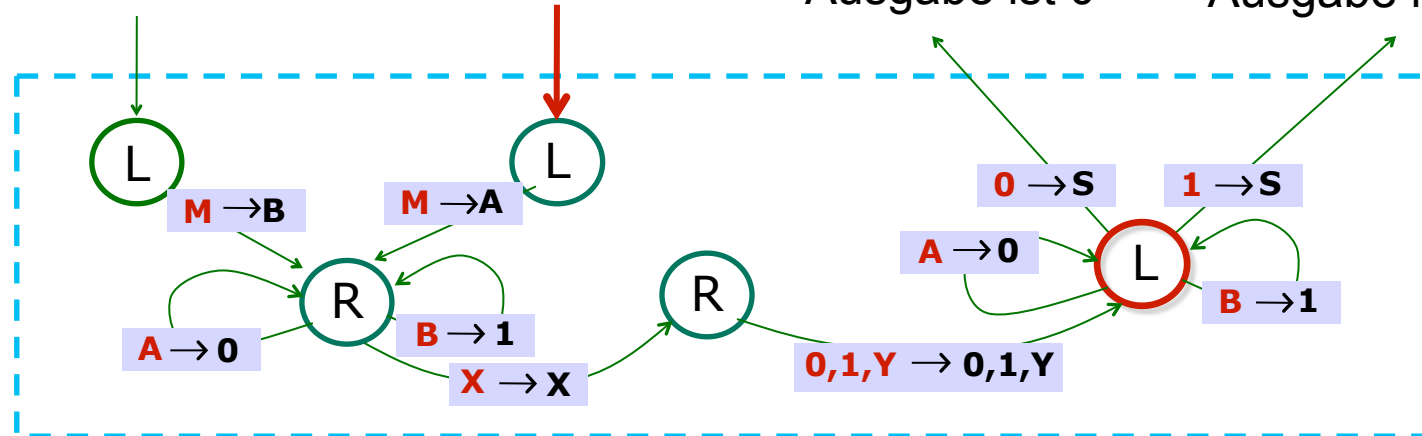
nach Minsky (1967)

P3

Speichert die Kopfbewegung in M

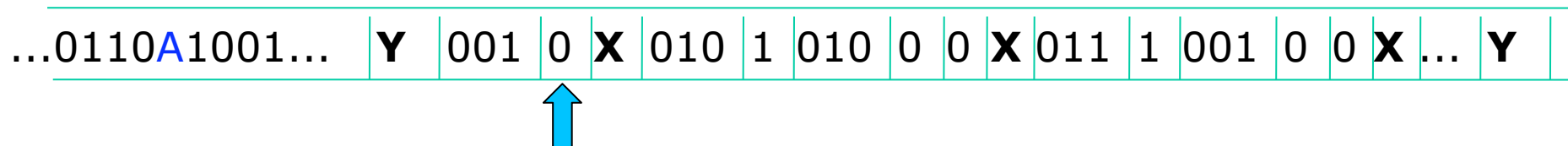
Ausgabe ist 0

Ausgabe ist 1



Der aktuelle Zustand und Inhalt des Kopfes werden hier zurückgesetzt

Hier wird die Tabelle zurückgesetzt



# Die Universelle Turing-Maschine

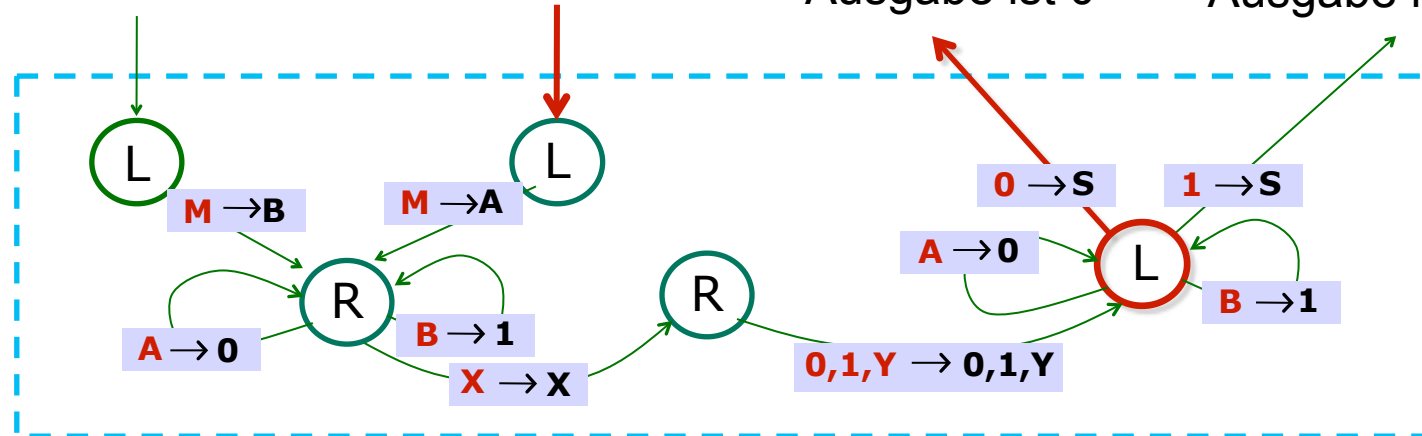
nach Minsky (1967)

P3

Speichert die Kopfbewegung in M

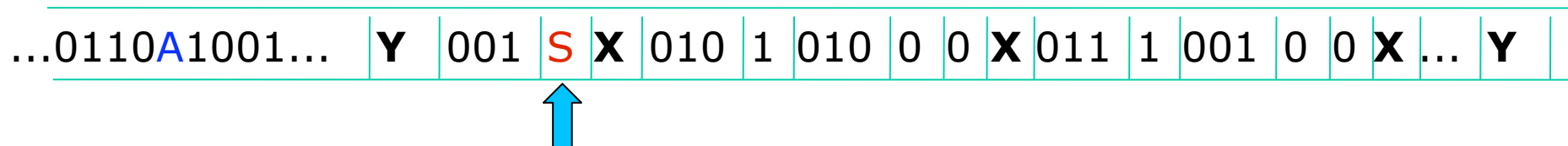
Ausgabe ist 0

Ausgabe ist 1



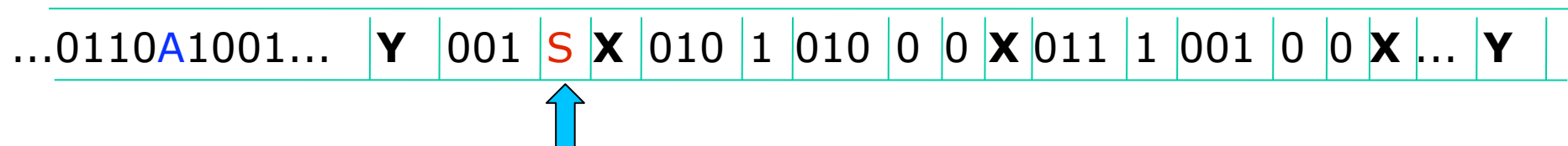
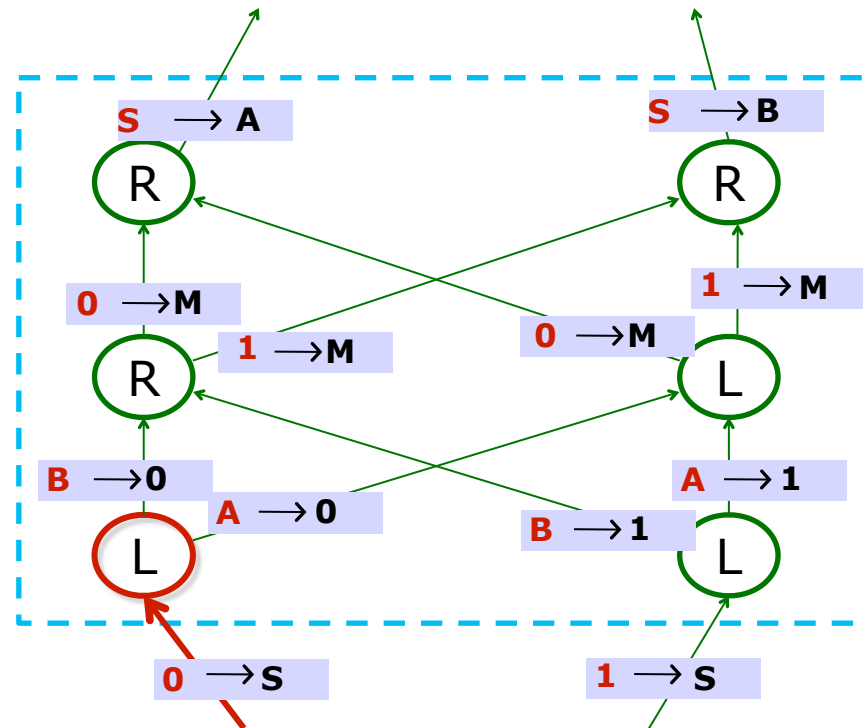
Der aktuelle Zustand und Inhalt des Kopfes werden hier zurückgesetzt

Hier wird die Tabelle zurückgesetzt



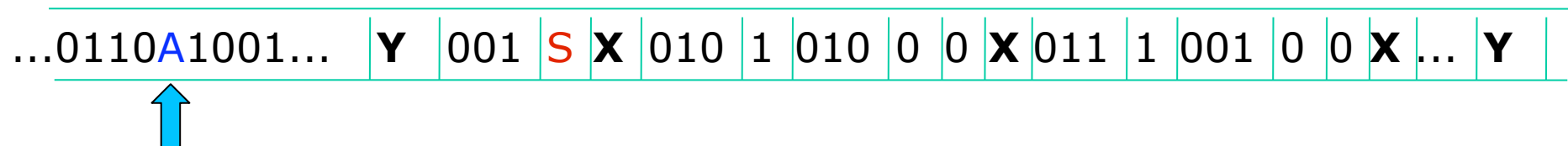
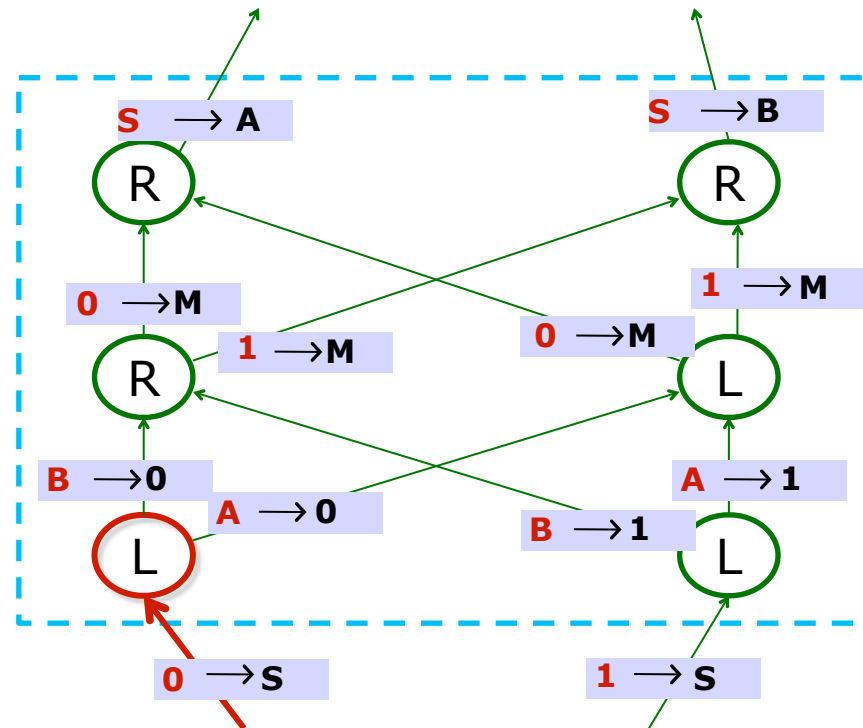
# Die Universelle Turing-Maschine

P4



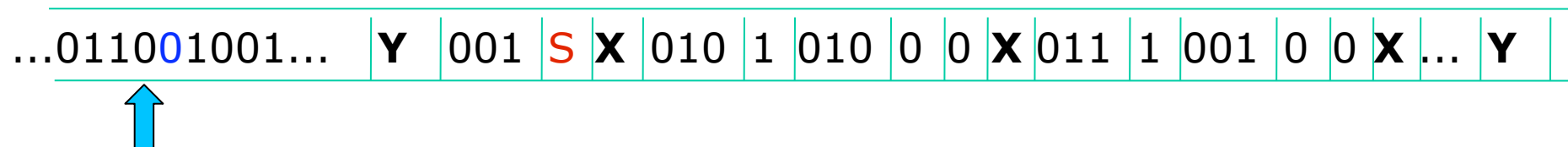
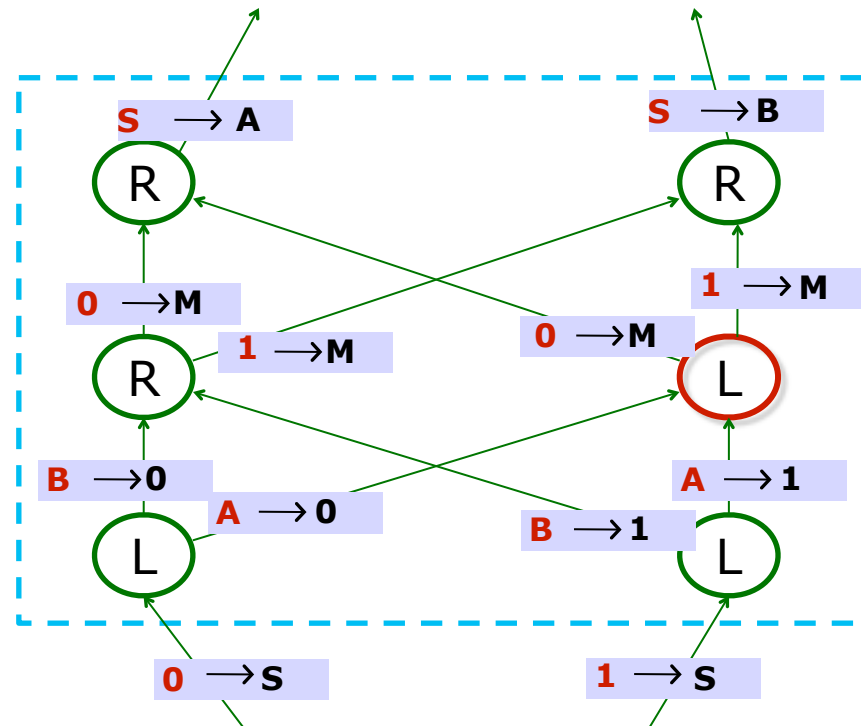
# Die Universelle Turing-Maschine

P4



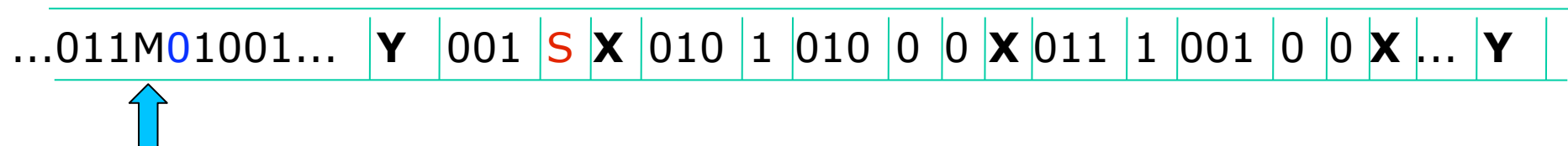
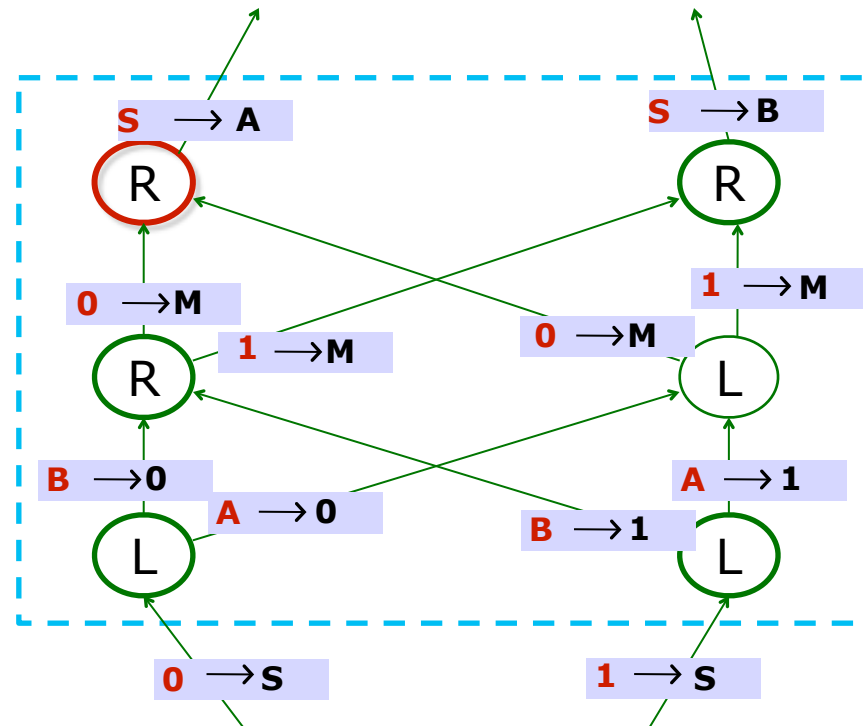
# Die Universelle Turing-Maschine

P4



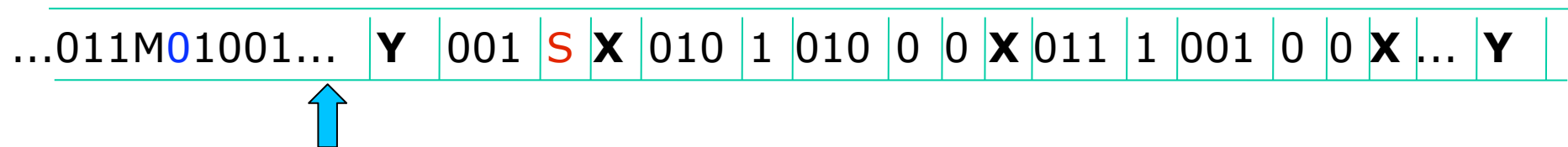
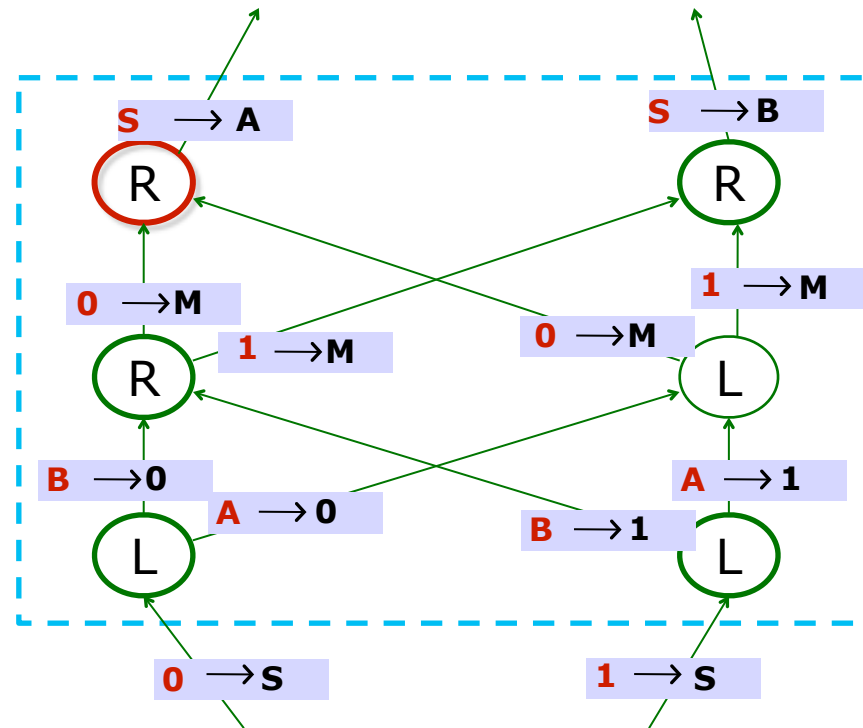
# Die Universelle Turing-Maschine

P4



# Die Universelle Turing-Maschine

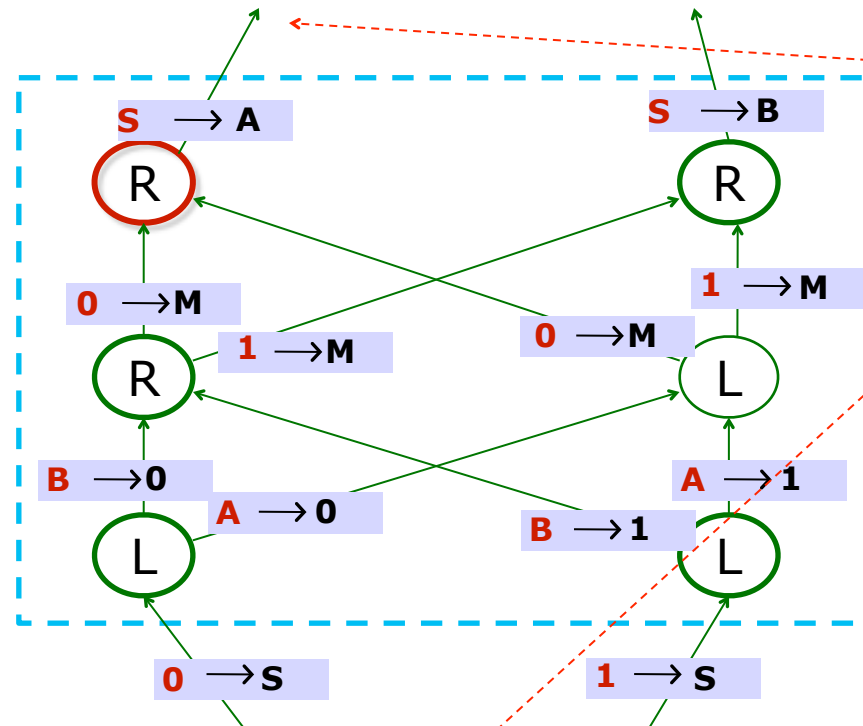
P4



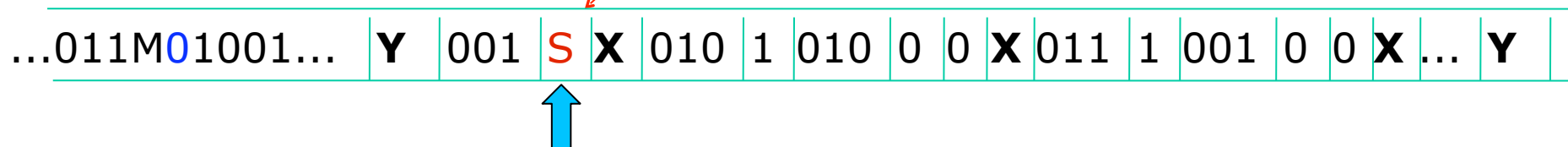


# Die Universelle Turing-Maschine

P4

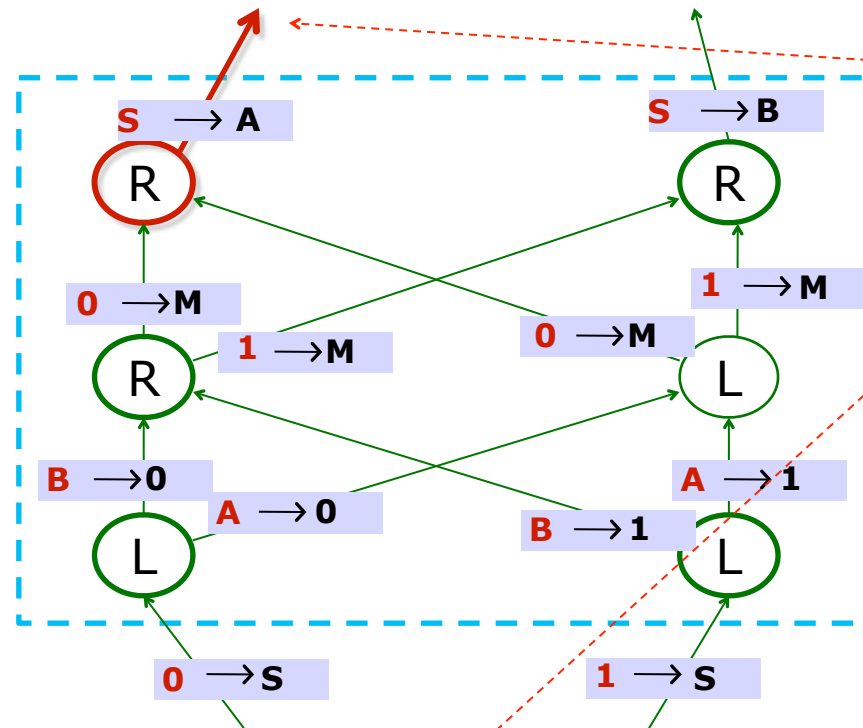


Hier geht es weiter mit **P0**, die das **A** zurück setzt.

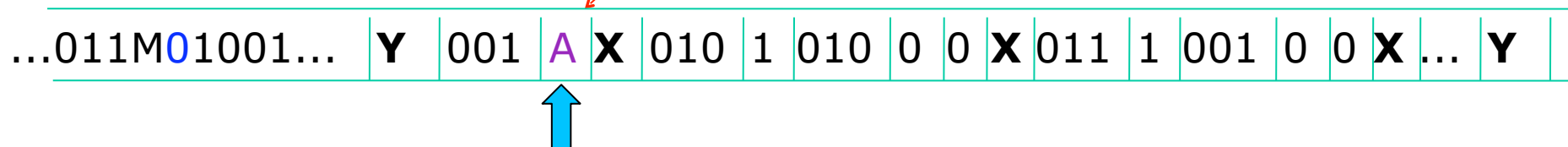


# Die Universelle Turing-Maschine

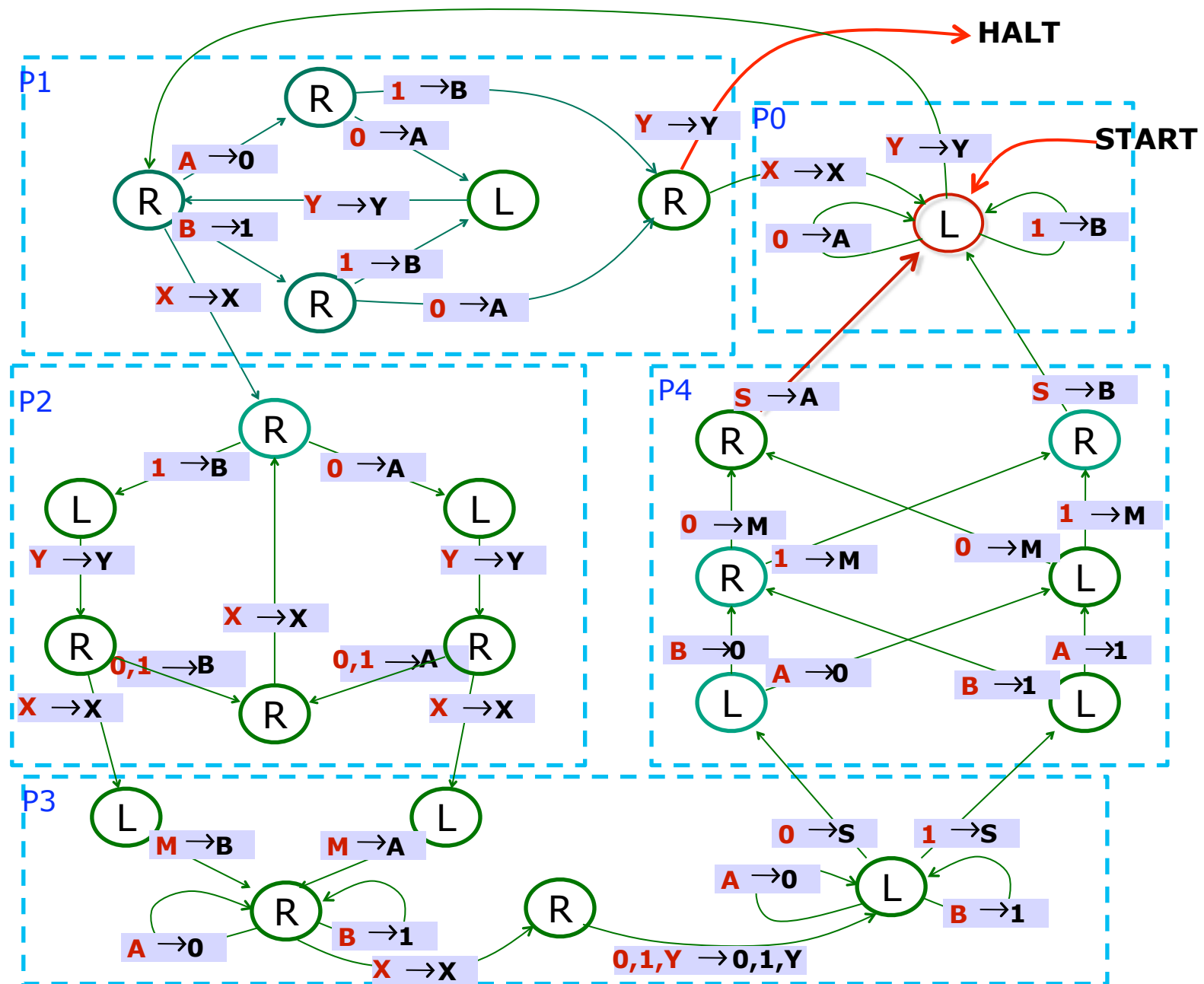
P4



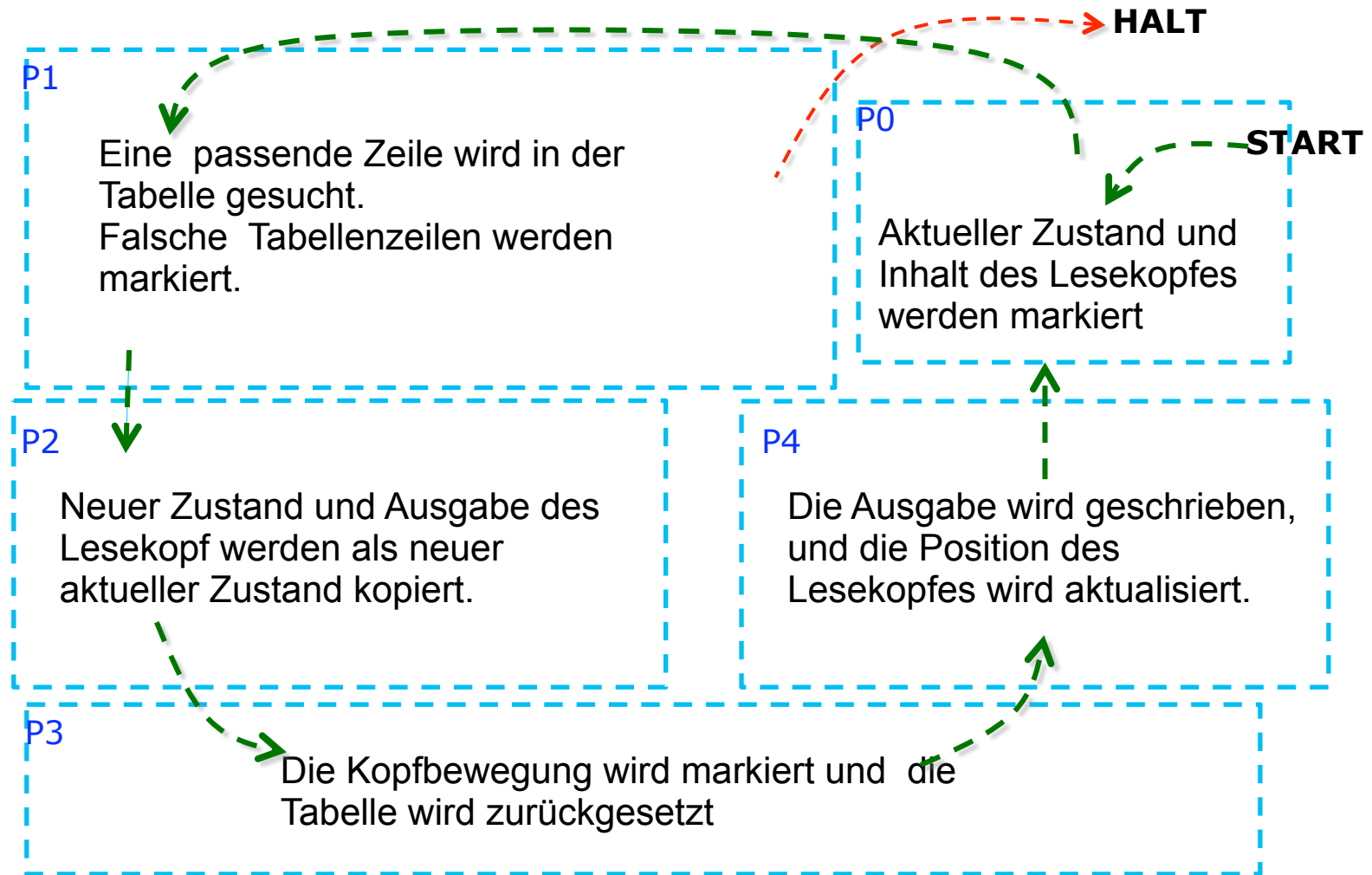
Hier geht es weiter mit **P0**, die das **A** zurück setzt.



# Die Universelle Turing-Maschine nach Minsky (1967)



# Die Universelle Turing-Maschine



Eine Runde im gesamten Diagramm entspricht einem Zustandsübergang.