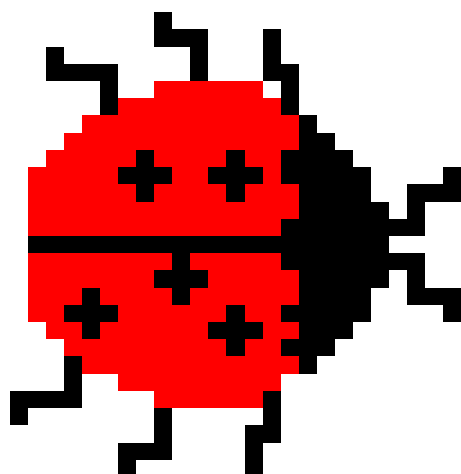


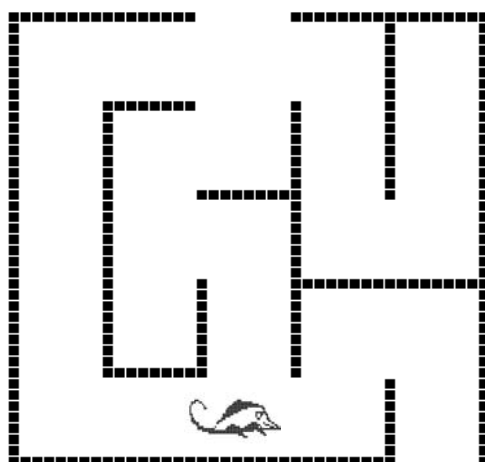
Von Ameisen, Bibern, Käfer, Mäusen und Labyrinthen

Horst Müller

Universität Erlangen-Nürnberg



Der Java-Hamster



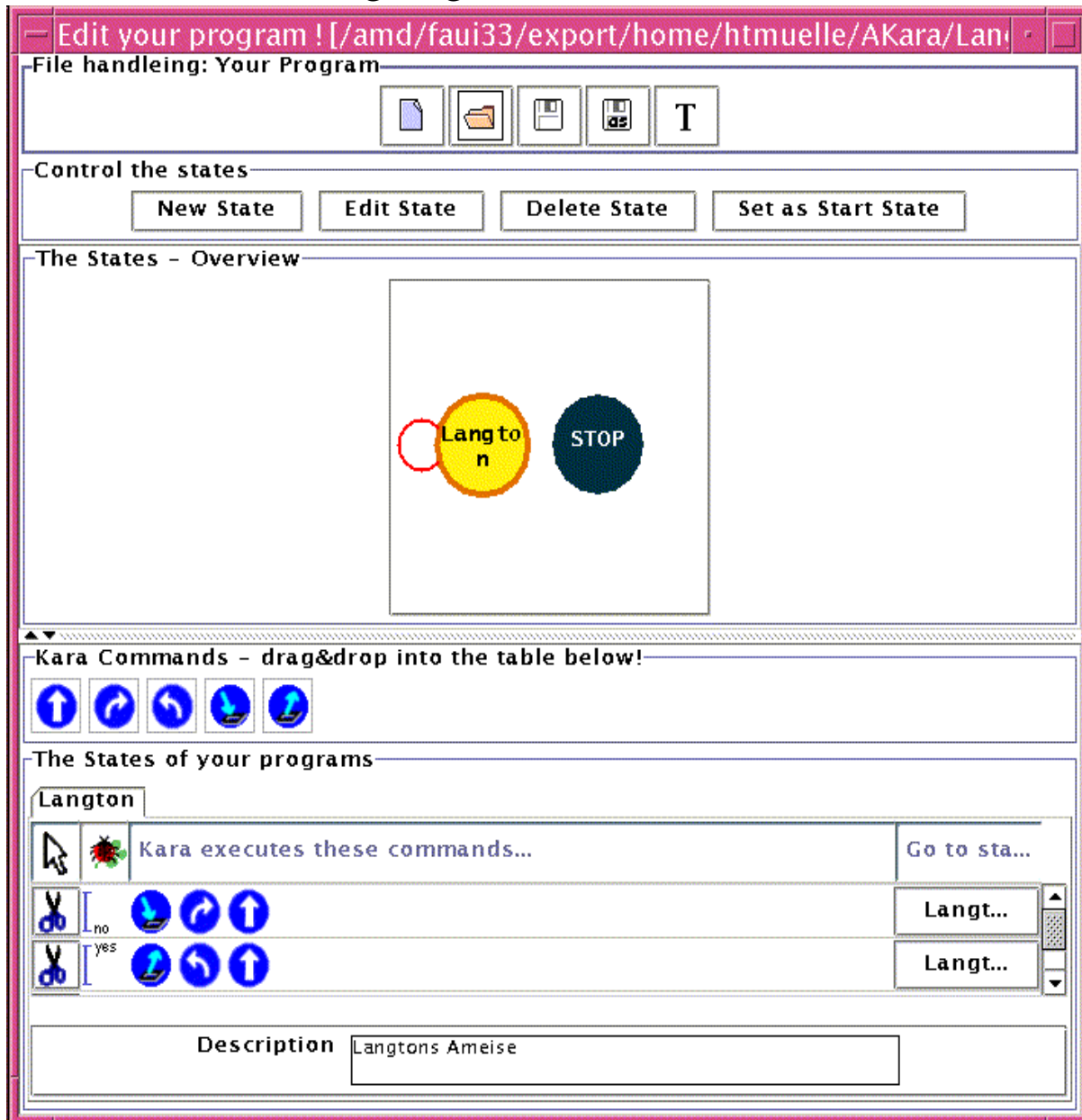
Übersicht

- Einleitung
- Kara, der programmierbare Marienkäfer
- Langton's Ameise
 - Ein sehr einfacher Automat mit kompliziertem Verhalten
 - Eine geringfügige Modifikation
- Fleissige Biber
 - Beispiel einer nicht berechenbaren Funktion
 - Ein fleissiger Biber mit 4 Zuständen
- Mäuse in Labyrinthen
 - Das Labyrinth-Problem
 - Endliche Mäuse können es nicht
 - Algorithmus von Tremaux
 - Druckmäuse können es
- Zwei Karas parkettieren ein Rechteck

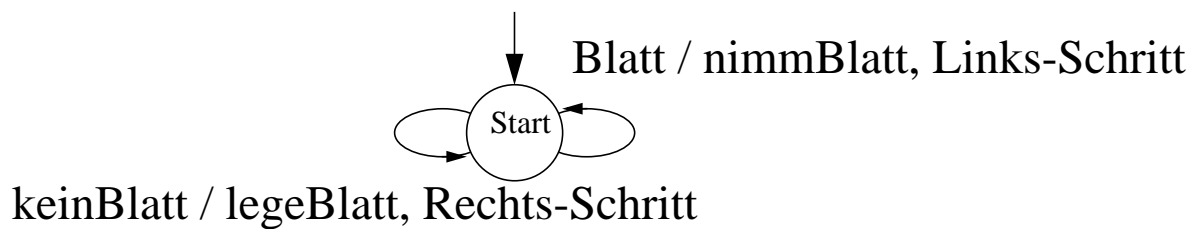
- Ein sehr einfaches Tierchen (Automat) mit sehr komplexem Verhalten
 - Verhaltensvorschrift in Kara-Übersetzung:
 - Wenn kein Blatt auf dem Feld liegt, so lege eines ab und gehe auf das rechte Nachbarfeld.
 - Wenn ein Blatt da ist, so friss es und gehe auf das linke Nachbarfeld
 - Verhalten:
 - Nach ungefähr 10000 chaotischen Schritten geht sie zum 'Autobahnbau' über (in je 104 Schritten verlängert sie das Muster um 2 Felder)
- Quelle: Ian Stewart: Mathematische Unterhaltungen. In: Spektrum der Wissenschaft, August 1995

Langton's Ameise

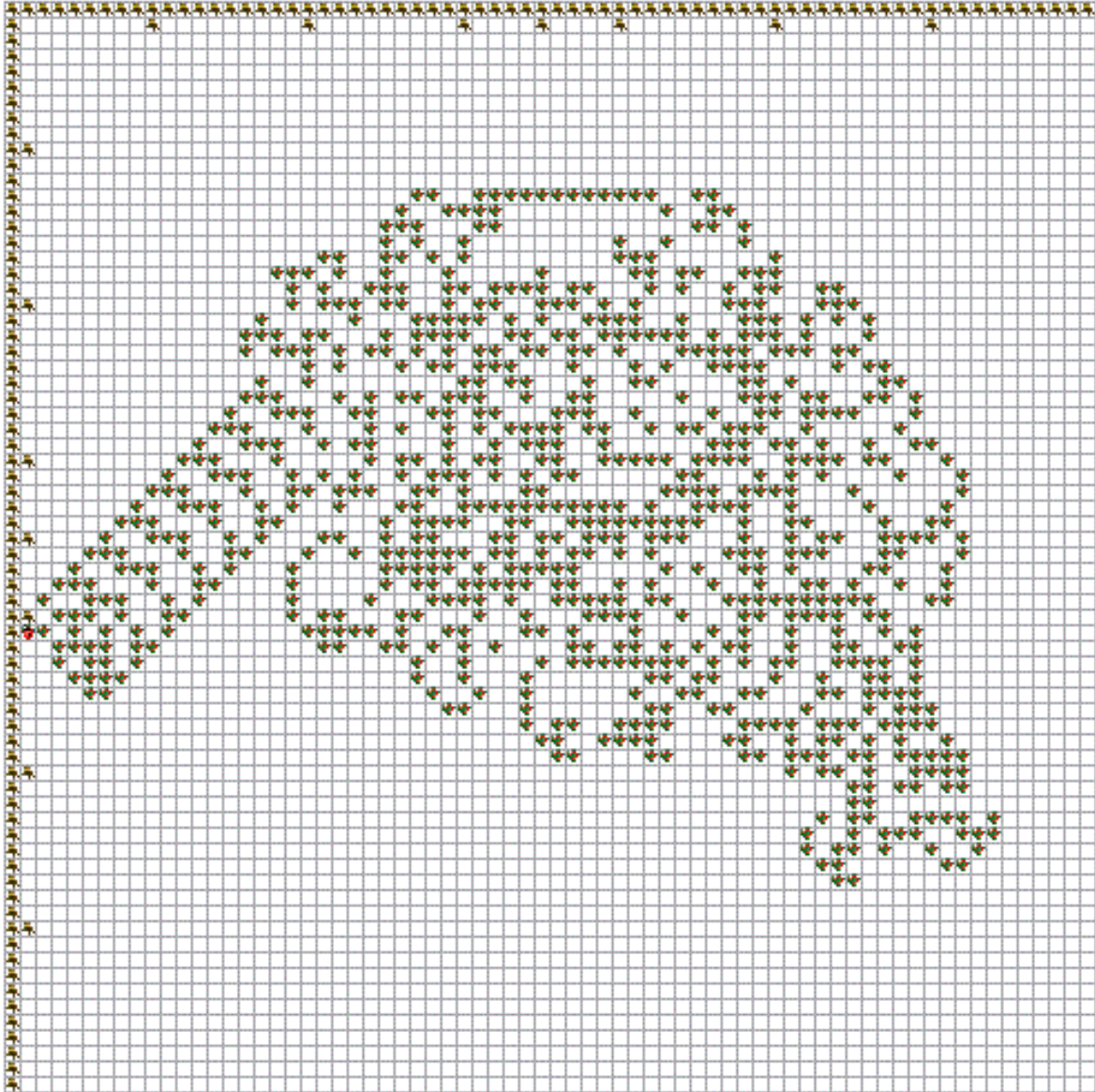
ist in Kara-Übersetzung folgender Automat:



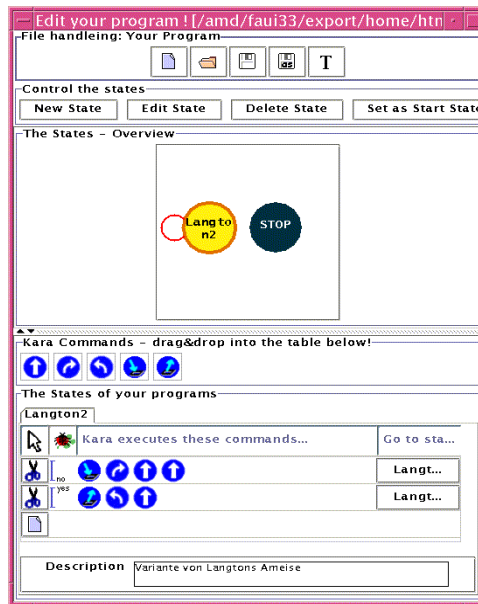
Als Automatengraph:



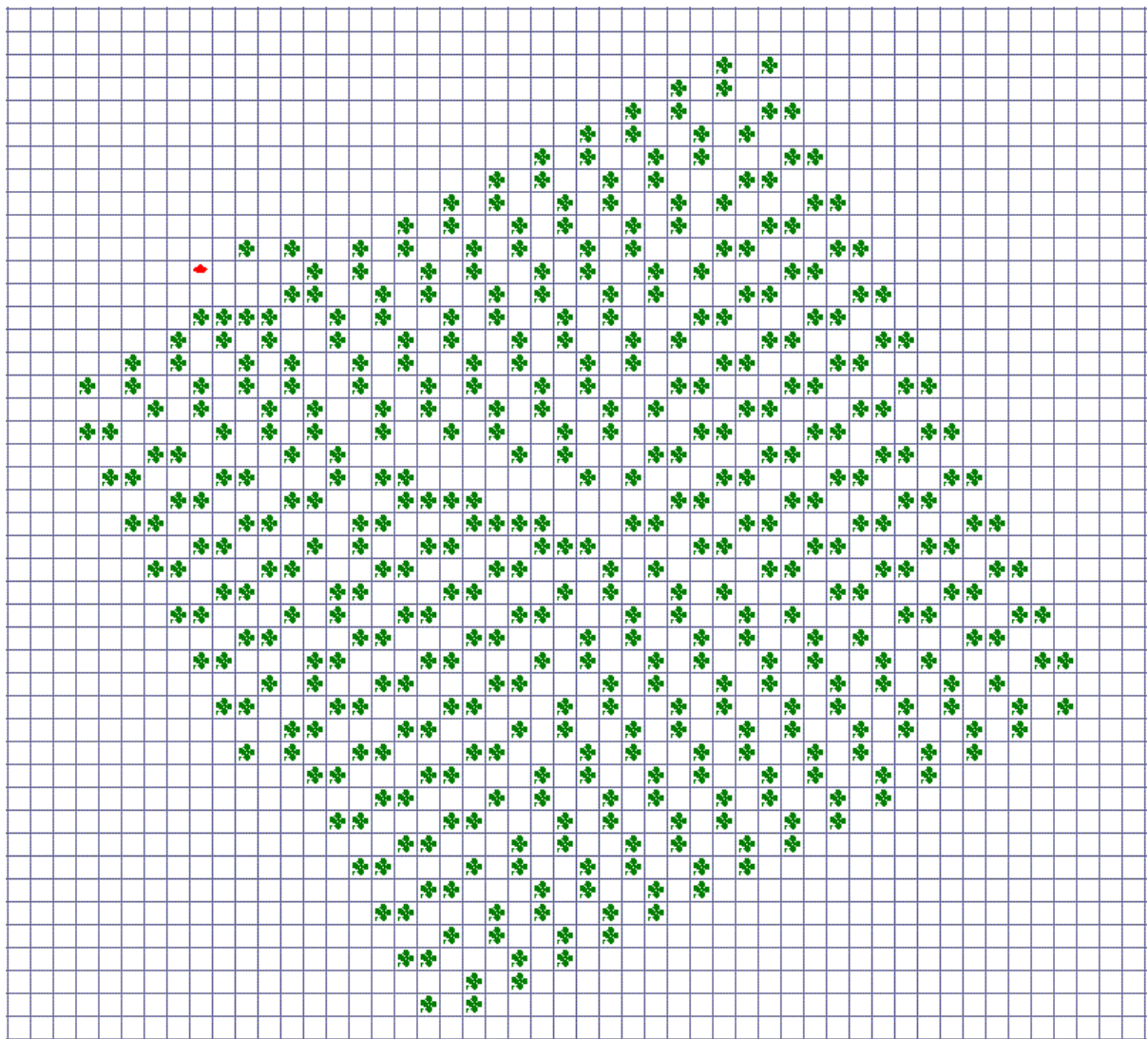
Die Spur von Langton's Ameise



Eine geringfügige Variante von Langton's Ameise



hat folgende Spur:



Fleißiger Biber mit vier Zuständen

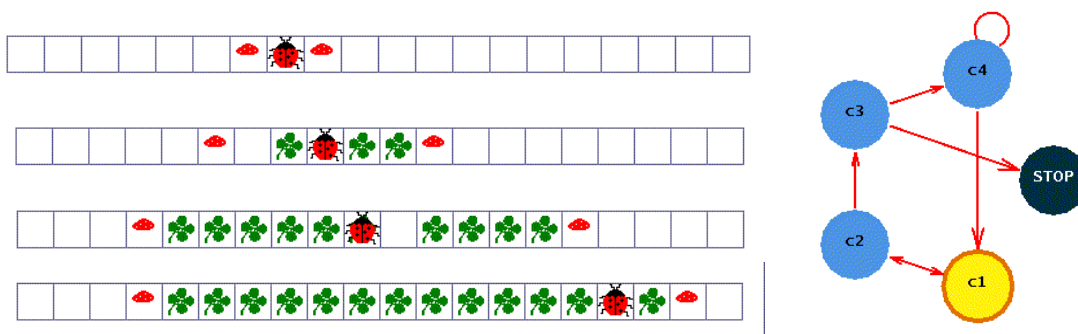
	c1	c2	c3	c4		
			Kara executes these commands...		Go to sta...	
		yes			c2	
		no			c2	
Description Startzustand, Fleissiger Käfer mit vier Zuständen (Busy Beaver)						

	c1	c2	c3	c4		
			Kara executes these commands...		Go to sta...	
		yes			c3	
		no			c1	

	c1	c2	c3	c4		
			Kara executes these commands...		Go to sta...	
		yes			c4	
		no			STOP	

	c1	c2	c3	c4		
			Kara executes these commands...		Go to sta...	
		yes			c1	
		no			c4	

Ein Lauf auf einem Band der Länge 20 , bearbeiteter Bandabschnitt durch Pilze gekennzeichnet, liefert 13 Blätter und stoppt nach 106 Schritten.



zeichnet, liefert 13 Blätter und stoppt nach 106 Schritten.

Kara (mit einem Zustand), die Linke-Hand-Regel benutzend

— Edit your program ! [/amd/fau33/export/home/htn

File handling: Your Program

Control the states

New State Edit State Delete State Set as Start State

The States - Overview

Kara Commands - drag&drop into the table below!

The States of your programs

start

				Kara executes these commands...	Go to sta...
	[no]	[no]	[no]		start
	[no]	[yes]	[no]		start
	[yes]	[yes or no]	[no]		start
	[yes or no]	[yes or no]	[yes]		STOP

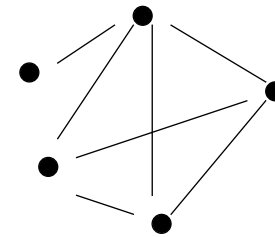
Description Kara bewegt sich nach der Linke-Hand-Regel bis er ein Blatt findet. Ohne Baum in der Nähe läuft er geradeaus.

Satz (Müller 1970): Zu jeder *endlichen* (Graph-Lab.-)Maus M kann effektiv ein ebenes geschlossenes *Graph-Labyrinth* konstruiert werden, das M nicht bewältigt.

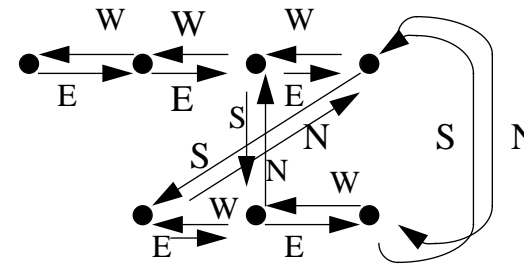
Satz (Budach 1974): Zu jeder *endlichen* (\mathbb{Z}^2 -Lab.-)Maus M kann effektiv ein geschlossenes \mathbb{Z}^2 -Labyrinth konstruiert werden, das M nicht bewältigt.

Satz (Müller 1976): Es gibt eine *Druck-Maus* mit nur einem Drucksymbol, die jedes geschlossene \mathbb{Z}^2 -Labyrinth bewältigt.

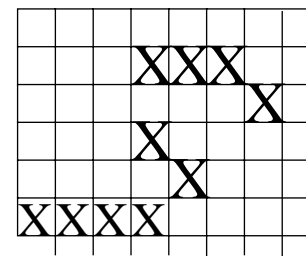
Graph-Labyrinth: Ungerichteter zusammenhängender Graph mit Punktmenge L



Kompass-Labyrinth: Gerichteter Graph, in jedem Punkt gibt es in jeder der vier Himmelsrichtungen höchstens eine Kante, zu jeder Kante $(p, r, p+r)$ gibt es die Gegenkante $(p+r, -r, p)$



Z^2 -Labyrinth: Eine Teilmenge von Z^2 (Mauerfelder) und ein Startpunkt $startp$ definieren die Menge der (vom Startpunkt) erreichbaren Felder $L = [startp>$.



markierbares Labyrinth: An den Punkten (oder Kanten) können Markierungen angebracht werden

geschlossenes Labyrinth: L endlich

offenes Labyrinth: L unendlich

Die von einem Automaten in einem *Lauf* betretenen Felder bilden die *Spur* des Laufs.

Labyrinth-Problem:

- a) Welche Fähigkeiten braucht ein Automat, um jedes Labyrinth zu bewältigen?
- b) Wie bewältigt ein Automat Labyrinth?

Ein Automat *bewältigt ein offenes Labyrinth*, wenn seine Spur unendlich ist.

Ein Automat *bewältigt ein geschlossenes Labyrinth*, wenn er alle Punkte/Felder besucht.

Negativ:

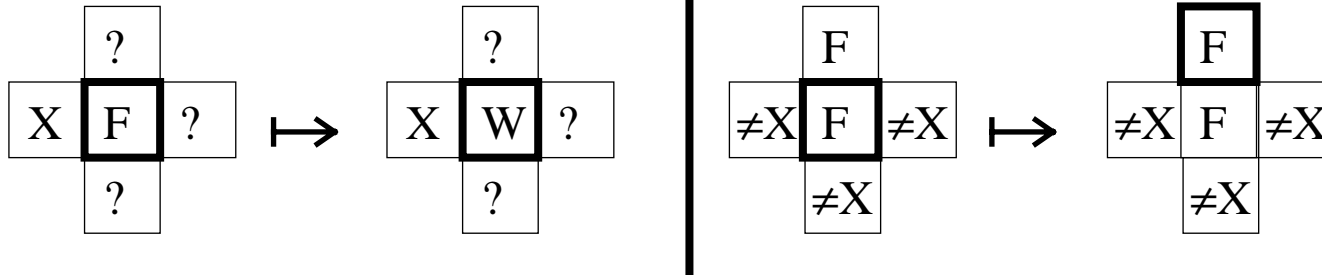
Satz (Coy 1977): Zu jeder Kellerautomaten-Graph-Maus M kann effektiv ein ebenes geschlossenes Graph-Labyrinth konstruiert werden, das M nicht bewältigt.

Positiv:

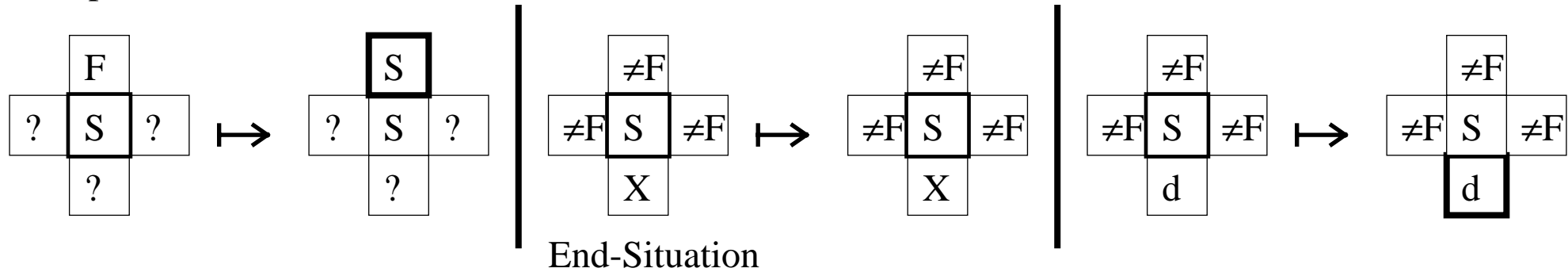
Satz (Trémaux <1882 / Tarry 1895): Es gibt eine Kanten-markierende (Graph-Lab.-)Maus, die jedes geschlossene Graph-Labyrinth bewältigt.

Satz (Asser 1977, Blum/Kozen 1978): Es gibt eine 1-Zähler-Maus, die jedes geschlossene \mathbb{Z}^2 -Labyrinth bewältigt.

Start-Phase



Haupt-Phase



Druckmaus mit vier bzw. fünf Drucksymbolen

Dir := {N, E, S, W} , Druck = {N, E, S, W, B}

momentanes Feld: p

Markierung des momentanen Feldes : mm, Interpretation: Richtung des nächsten Feldes bei Rückmarsch

Markierung des d-Nachbarn : m(d)

Ordnung: N<E<S<W<B

Algorithmus:

fertig := false;

while not fertig

do

if p unmarkiert

then {Startphase}

if es gibt eine Richtung, in der ein Mauerfeld liegt

then mm := min {d | Mauer(d)}

 {unmögliche Rückmarschrichtung in Startposition}

else go(N) {ohne Markierung}

fi

else {p markiert mit Rückmarschrichtung}

if es gibt eine Richtung mit freiem Nachbarfeld

then wähle eine solche Richtung d; go(d); mm := -d

else {kein freier Nachbar; zurück} d := m(p);

if Mauer(d)

then fertig := true {stop ; Endsituation}

else [{Ergänzung für 5 Symbole:} mm := B ;] go(d)

fi

fi

fi

od

Typ	Figur	Interpretation	Typ	Figur	Interpretation								
1B	<table border="1"><tr><td>XM</td><td>XM</td></tr><tr><td>XM</td><td>XM</td></tr></table>	XM	XM	XM	XM	blockiert B	2B von Norden oder Westen	<table border="1"><tr><td>XM</td><td>X</td></tr><tr><td>X</td><td>F</td></tr></table>	XM	X	X	F	blockiert B
XM	XM												
XM	XM												
XM	X												
X	F												
2F von Süd oder Ost	<table border="1"><tr><td>XM</td><td>X</td></tr><tr><td>X</td><td>F</td></tr></table>	XM	X	X	F	kein Verzweigungsfeld F	3W	<table border="1"><tr><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>M</td><td>F</td></tr></table>	X	X	M	F	(West) W
XM	X												
X	F												
X	X												
M	F												
3F	<table border="1"><tr><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>F</td><td>F</td></tr></table>	X	X	F	F	unmarkiert F	3S	<table border="1"><tr><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>M</td><td>M</td></tr></table>	X	X	M	M	(Süd) S bzw. B
X	X												
F	F												
X	X												
M	M												
3E	<table border="1"><tr><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>F</td><td>M</td></tr></table>	X	X	F	M	(Ost) E	4	<table border="1"><tr><td>F</td><td>X</td></tr><tr><td>X</td><td>F</td></tr></table>	F	X	X	F	kein Verzweigungsfeld
X	X												
F	M												
F	X												
X	F												
5F	<table border="1"><tr><td>X</td><td>F</td></tr><tr><td>F</td><td>F</td></tr></table>	X	F	F	F	unmarkiert F	5E	<table border="1"><tr><td>X</td><td>M</td></tr><tr><td>F</td><td>M</td></tr></table>	X	M	F	M	(Ost) E
X	F												
F	F												
X	M												
F	M												
5N	<table border="1"><tr><td>X</td><td>M</td></tr><tr><td>F</td><td>F</td></tr></table>	X	M	F	F	(Nord) N	5W	<table border="1"><tr><td>X</td><td>F</td></tr><tr><td>M</td><td>F</td></tr></table>	X	F	M	F	(West) W
X	M												
F	F												
X	F												
M	F												
5S	<table border="1"><tr><td>X</td><td>F</td></tr><tr><td>M</td><td>M</td></tr></table>	X	F	M	M	(Süd) S	6F	<table border="1"><tr><td>F</td><td>F</td></tr><tr><td>F</td><td>F</td></tr></table>	F	F	F	F	unmarkiert F
X	F												
M	M												
F	F												
F	F												
6N	<table border="1"><tr><td>M</td><td>M</td></tr><tr><td>F</td><td>F</td></tr></table>	M	M	F	F	(Nord) N	6S	<table border="1"><tr><td>F</td><td>F</td></tr><tr><td>M</td><td>M</td></tr></table>	F	F	M	M	(Süd) S
M	M												
F	F												
F	F												
M	M												
6E	<table border="1"><tr><td>F</td><td>M</td></tr><tr><td>F</td><td>M</td></tr></table>	F	M	F	M	(Ost) E	6W	<table border="1"><tr><td>M</td><td>F</td></tr><tr><td>M</td><td>F</td></tr></table>	M	F	M	F	(West) W
F	M												
F	M												
M	F												
M	F												