

Automaten

Nachdem wir die Turing-Maschinen und die fleißigen Biber besprochen haben, einige weitere Beispiele im Kurzüberblick.

Turmiten (Turmites)

Sie sind die zweidimensionale Verallgemeinerung der Turing-Maschinen. Ihr Name ist die Zusammenziehung des Begriffs 'Turing-Termiten'. Sie können sich nicht nur auf einem linearen Band vor und zurück bewegen, sondern in einer Ebene Schritt für Schritt weiterkommen. Sie enthalten die Turing-Maschinen als Spezialfall.

Lineare totalitäre Automaten

Ein lineares Band ist mit einzelnen Zuständen gefüllt. Um den nächsten Zustand des Bandes zu erhalten, wird um jede Stelle die Summe aller Zustände in einem gewissen Nachbarschaftsradius gebildet. Diese Summe ist der Index in eine Liste von Folgezuständen. Die Zustände werden als Farbpunkte dargestellt.

Stephen Wolfram (der Erfinder von 'Mathematika') hat diese Automaten erstmals genau studiert und konnte sie in 4 Klassen einteilen.



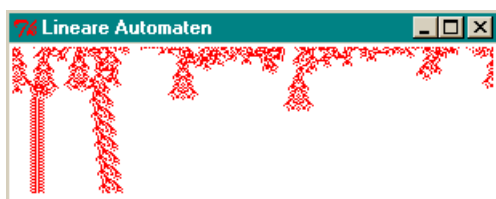
Klasse 1 : es wird ein stabiler konstanter Zustand erreicht.



Klasse 2 : ein periodischer Zustand wird erreicht



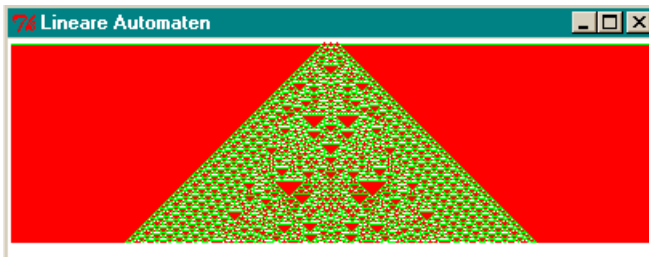
Klasse 3 : das Bild wird chaotisch regellos



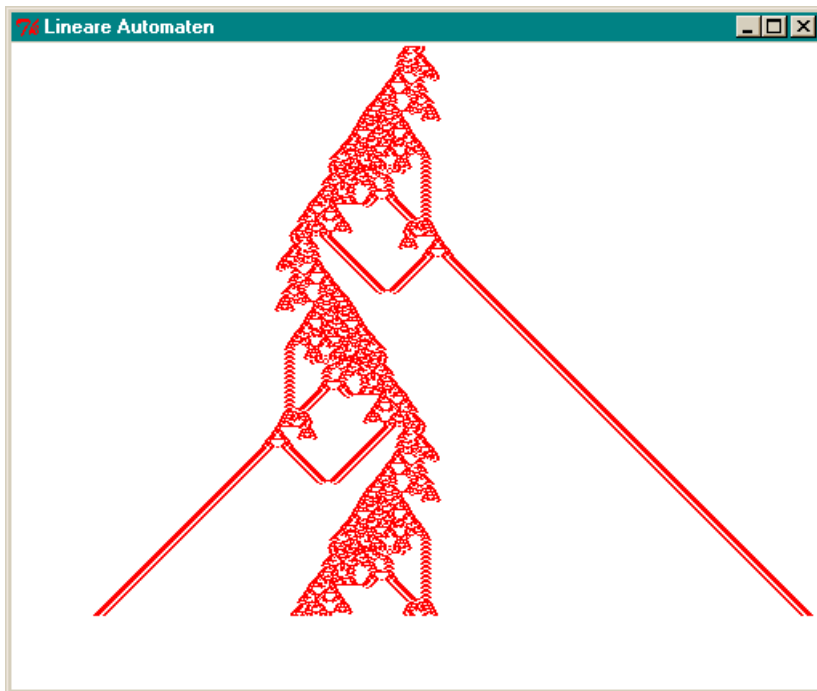
Klasse 4 : komplexe Muster entstehen

Es können sogar Muster entstehen, die optisch interessant sind:





Berühmt wurde die 'Gleiterkanone': Ein komplexes Muster wiederholt sich immer wieder, wobei in regelmäßigen Abständen rechts und links Strukturen nach außen wandern.

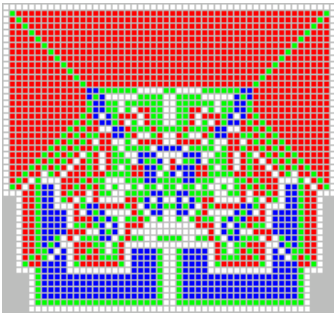


Ameisen (Ants)

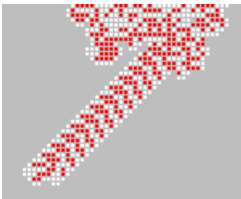
Diese von Chris Langton erstmals beschriebenen 'Tierchen' sind ganz besonders einfache Turmiten und leben in einer zweidimensionalen Kästchenwelt. Sie bewegen sich in dieser Ebene immer um ein einzelnes Kästchen weiter. Auf jedem Platz, das sie betreten, biegen sie entweder links (Codezahl 0) oder rechts (Codezahl 1) ab, und das Feldkästchen (anfangs ist alles mit Nullen gefüllt) gelangt in den nächsten Zustand. Diese Zustände werden wiederum farbig dargestellt. Die Vielfalt der möglichen Muster ist erstaunlich:



Viele Ameisen erzeugen wirre Muster



einige erzeugen komplexe Muster mit überraschenden Symmetrien



Und einige beginnen 'Straßen' zu bauen. Diese Ameise wandert nach links unten ins Unendliche davon.

Welche Ameise welches Muster erzeugt, ist nicht im Voraus bestimmbar. Es ist aber leicht zeigbar, dass alle Muster unendlich groß werden müssen.

(Die Regel enthält Nullen und Einser (sonst ist es langweilig – ausprobieren). Da die Ameise ewig weiterläuft, müsste der Weg periodisch sein, jeder Punkt wird immer wieder besucht. Angenommen es gibt einen Punkt, über dem es keinen weiteren gibt. Dann kam die Ameise entweder von unten und ist abgebogen. Der nächste Schritt muss dann ein Abbiegen nach unten sein. Dabei wird aber der Zellzustand verändert und es kommt irgendwann ein Abbiegen nach *oben*. Und damit sind wir über diesen 'maximalen' Punkt hinauf gekommen.)

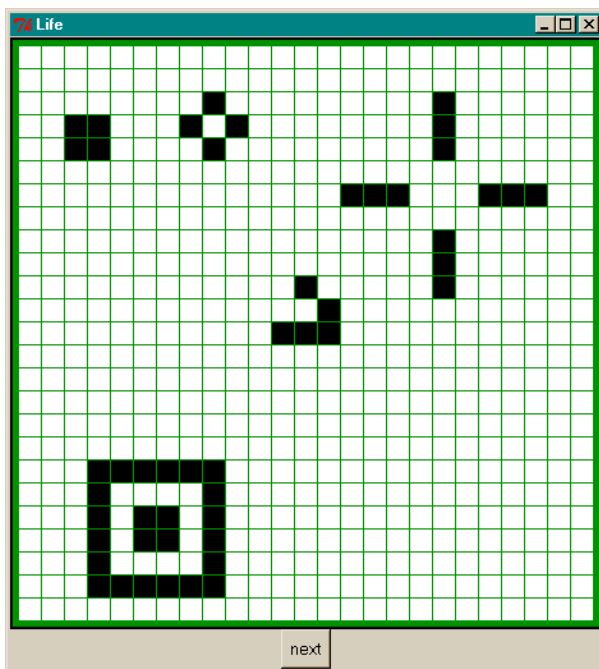
Life

John Horton Conway erfand 1969 ein 'Spiel':

Die Welt besteht aus Zellen in einer gerasterten Ebene. Jede Zelle kann 'leben' oder 'tot sein'. Ist ein momentaner Zustand der Welt gegeben, so berechnet sich der nächste Zustand folgendermaßen (dies wird für jede einzelne Zelle berechnet):

- bilde die Summe der 8 Nachbarn dieser Zelle, also die Zahl der lebenden Nachbarn.
- eine tote Zelle erwacht wieder zum Leben, wenn sie genau 3 lebende Nachbarn hat.
- eine lebende Zelle stirbt, wenn sie weniger als 2 (Vereinsamung) oder mehr als 3 (Überbevölkerung) Nachbarn besitzt.

Auch hier ist die Vielfalt der Muster erstaunlich. Die Erscheinungen sind so vielfältig, dass man sich vorstellen kann, mithilfe solcher Muster und ihrer Entwicklung Algorithmen in Computern nachzubilden.



Durch Änderung der Regeln oder der Definition der 'Nachbarschaft' und durch Einführung weiterer Zustände der Zellen kann man viele weitere Systeme studieren, von denen einige höchst interessant sind. 'Life' scheint aber das Musterbeispiel eines einfachen, doch äußerst komplexen und sensiblen Systems darzustellen. Wie zu erwarten ist auch die Entwicklung der Life-Zustände mathematisch nicht berechenbar. Der einzige Weg ist: Schritt für Schritt simulieren.