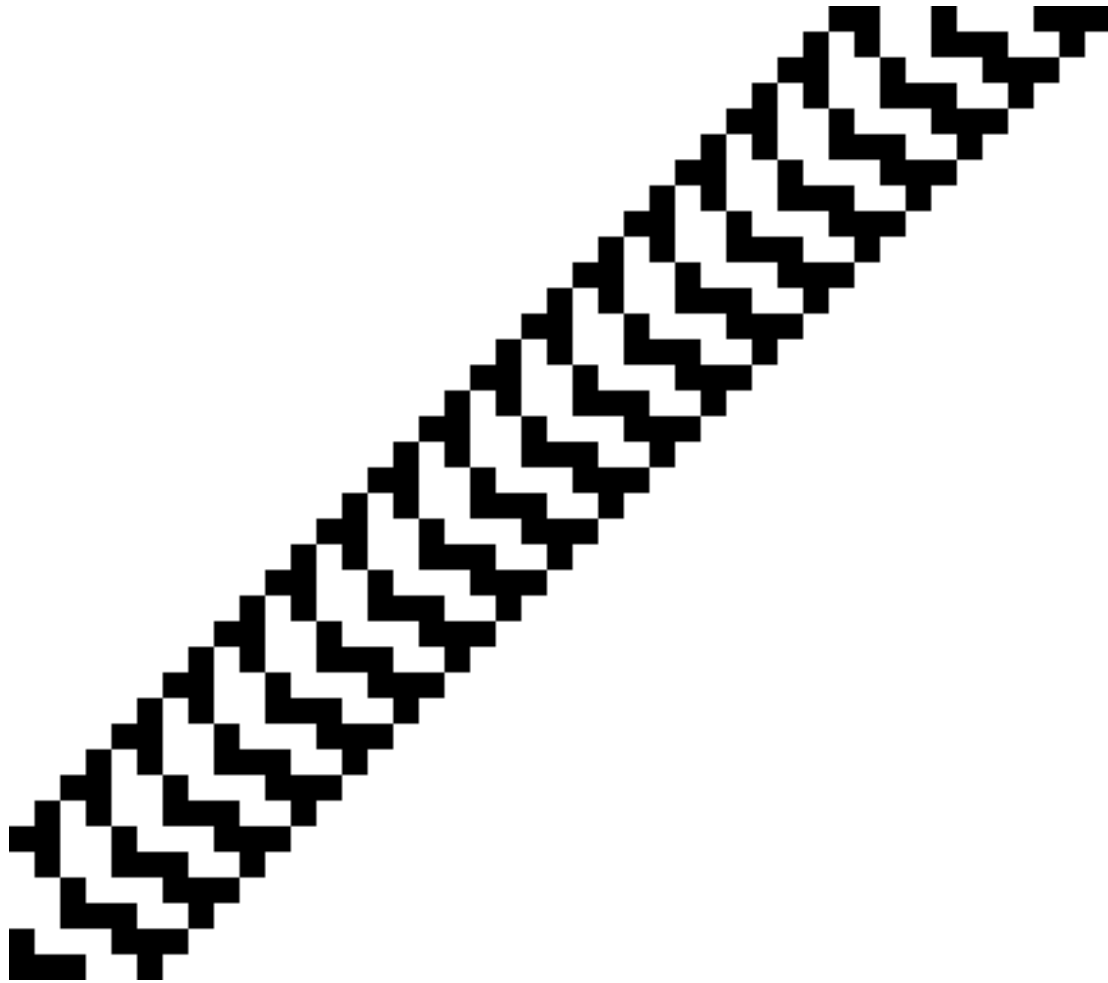


In den ersten etwa 10000 Schritten entstehen scheinbar regelmäßige aber auch chaotische Strukturen. Danach entsteht eine sich wiederholendes Muster (sogenante Ameisenstraße) die sich unendlich fortsetzt.



Ameisenstraße

Mit einem selbst geschriebenen Programm (in Qbasic) habe ich die Langton Ameise am Computerbildschirm dargestellt. Dabei habe ich Verschiedenes untersucht.

Inhaltverzeichnis

Qbasic Programm „ameise_c.bas“

Untersuchung zur Symmetrie

Ameisenstraße

Schwarze Rasterpunkte vor der Ameisenstraße

Mehere Ameise

Zwillingsameisenstraße

Symmetrisches

Ameisenboten

Unterschiedliche Botschaften

Musterveränderungen

Ameisenkugeln

Ameisenkugel mit 16er-Zyklus

Ameisenkugel mit 12er-Zyklus

Schlußbemerkungen

Qbasic Programm „ameise_c.bas“

```
'Langton Ameise (Clemens Hovekamp, November 2011)
SCREEN 12 'Bildschirmauflösung auf 640 mal 480 Pixel
setzen

LINE (0, 0)-(639, 479), 15, BF 'Bildschirm weiß machen
x = 320 'Startpunkt der Ameise in der Mitte bei 320,240
y = 240
r = 6 'Blickrichtung der Ameise (6 Uhr) also nach unten
PSET (x, y), 15 'Weißen Pixel (Ameise) auf Startpunkt
setzen

'Bewegungsregel (Anfang der Programmschleife)
DO
  IF r = 6 THEN y = y + 1 'lauf nach unten (6 Uhr)
  IF r = 9 THEN x = x - 1 'lauf nach links (9 Uhr)
  IF r = 12 THEN y = y - 1 'lauf nach oben (12 Uhr)
  IF r = 3 THEN x = x + 1 'lauf nach rechts (3 Uhr)





































































































  IF x > 639 OR y > 479 OR x < 0 OR y < 0 THEN END 'Falls
weiter als der Rand, dann Programmende

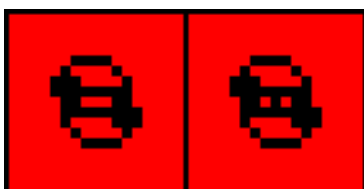
  IF POINT(x, y) = 0 THEN 'Falls Pixel schwarz ist,
    PSET (x, y), 15 'dann weiß machen
    r = r - 3 'und nach links drehen (3
Stunden abziehen)
    IF r = 0 THEN r = 12 'bei 0 auf 12 setzen (0 Uhr =
12 Uhr)
  ELSE 'andernfalls
    PSET (x, y), 0 'Pixel schwarz machen
    r = r + 3 'und nach rechts drehen (3
Stunden dazu zählen)
    IF r = 15 THEN r = 3 'bei 15 auf 3 setzen (15 Uhr =
3 Uhr)
  END IF
LOOP 'zum Anfang der Schleife und alles wiederholen
```

Mit diesem Programm und kleinen Veränderungen habe ich die nachfolgend aufgeführten Untersuchungen durchgeführt.

Untersuchung zur Symmetrie

Symmetrische Muster sind hier auf rotem Hintergrund dargestellt:

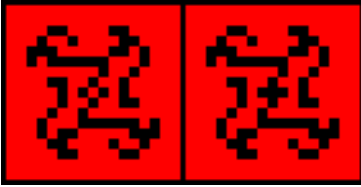
										10 Schritte
										20
										30
										40
										50
										60
										70
										80
										90
										100



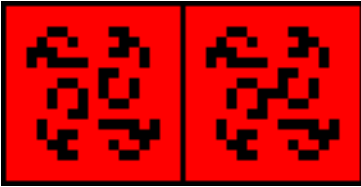
Schritte 184 und 185



Schritte 368 und 369



Schritte 384 und 385



Schritte 472 und 473

Weitere Symmetrien kommen bei den Mustern nicht mehr vor.

Die abgeschlossene Folge der Schritte bei denen symmetrische Muster entstehen lautet:

1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 14, 16, 18, 33, 48, 52, 96, 97, 184, 185, 368, 369, 384, 385, 472, 473

Anmerkung

Die abgeschlossene Zahlenfolge habe ich an die "On-Line Encyclopedia of Integer Sequences ([OEIS](http://oeis.org))" gemeldet. Die Zahlenfolge wurde am 19. Januar 2012 geprüft und ist jetzt dort unter der Nummer [A204810](https://oeis.org/A204810) verzeichnet.

Ameisenstraße

Nach etwas mehr als 10000 Schritten entsteht ein sich periodisch wiederholendes Muster, die so genannte Ameisenstraße. Das Muster wiederholt sich dann nach genau 104 Schritten. Hier unten gezeigt vom Schritt 10617 bis zum Schritt 10721.





Ein Muster, aus dem eine Ameisenstraße entsteht, habe ich gefunden. Es sieht wie folgt aus:



Wenn die Ameise auf dem schwarzen Feld unten in der rechten Ecke beginnt und zunächst nach links läuft, dann entsteht eine Ameisenstraße, die nach rechts oben läuft. Bei 104 Schritten ist eine volle Periode durchlaufen und die Ameise steht zwei Felder höher und zwei Felder weiter rechts, wieder am Anfang eines gleichartigen Musters.



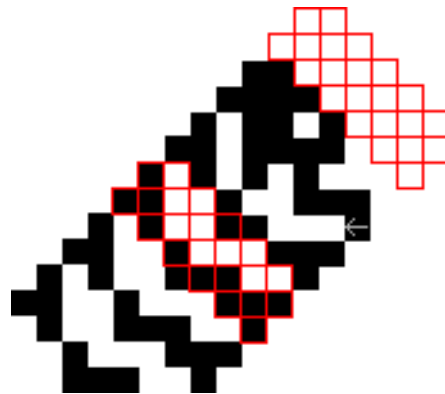
Die Ameisenstraße hat eine diagonale Breite von 2 mal (6 und 5) Rasterpunkten, die sich an den Ecken berühren. Im Bild unten sind diese Rasterpunkte rot umrandet.



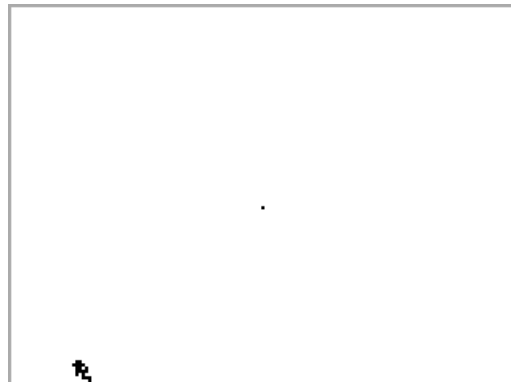
Ich nahm an, dass schwarze Rasterpunkte, die in der Bahn der Ameisenstraße liegen, das Muster wahrscheinlich beeinflussen werden.

Schwarze Rasterpunkte vor der Ameisenstraße

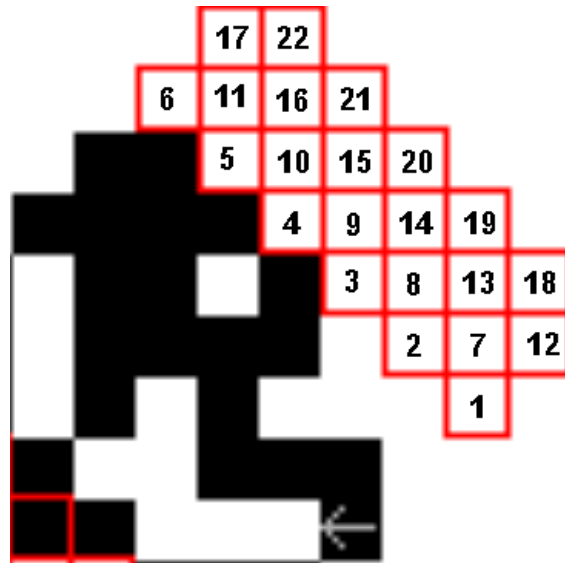
Um heraus zu finden, wie die Rasterpunkte im Weg der Ameisenstraße das Muster beeinflussen, habe ich jeweils an den 22 möglichen Positionen einen schwarzen Punkt in den Weg der Ameisenstraße gesetzt.



Bevor die Ameise mit dem Bau der Straße beginnen soll, sieht das Bild z.B. so aus:

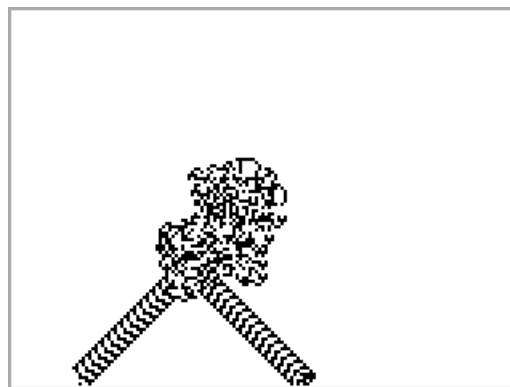
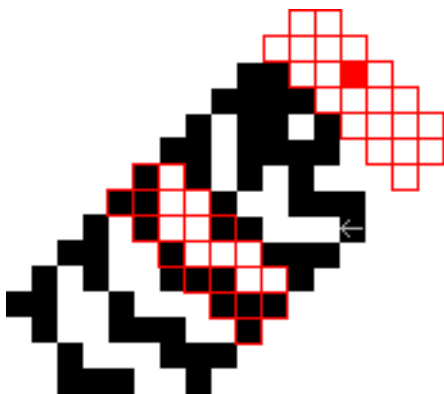


Ich habe jedem Rasterpunkt eine Positionsnummer gegeben, dass man besser verstehen kann wie ich die Störpunkte untersucht habe.



Der schwarze Rasterpunkt im Weg der Ameise befindet sich an folgender Position (hier unten auf dem linken Bild als roter Punkt dargestellt). Auf dem rechten Bild ist dann das Ergebnis zu sehen, wenn die Ameise die Ameisenstraße über diesen Rasterpunkt gebaut hat:

Hier ist als Beispiel der Störpunkt an der Position Nr.15 aufgeführt.



Anmerkung

Ich habe jeden der 22 Positionen mit jeweils einem Störpunkt untersucht. Die einzelnen Ergebnisse habe ich aus Platzgründen hier nicht mehr aufgeführt.

Auswertung

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Die Rasterpunkte im Weg der Ameisenstraße stören, wie erwartet, das Muster. Die Störungen sind allerdings sehr unterschiedlich stark.

* Bei den Positionen Nr.2, Nr.6, Nr.7 und Nr.13 ist die Störung des Musters nur sehr gering und die Ameisenstraße verläuft nach einigen Schritten wieder geordnet auf der ursprünglichen Bahn. Bei den Positionen Nr.7 und Nr.13 ist das Ergebnis fast identisch.

* Bei den Positionen Nr.5, Nr.10, Nr.11, Nr.16 und Nr.18 sind die Störungen schon erheblich größer und die Ameisenstraße läuft nach einigen tausend Schritten wieder nach rechts oben. Die neue Ameisenstraße ist aber mehr oder weniger seitlich versetzt.

* Bei den Positionen Nr.1, Nr.3, Nr.4, Nr.9 und Nr.14 wird die Ameisenstraße nach links oben fortgesetzt. Die Anzahl der dazu nötigen Schritte ist sehr unterschiedlich.

* Bei den Positionen nur Nr.8, Nr.12, Nr.15, Nr.17, Nr.19, Nr.20 und Nr.21 läuft die Ameisenstraße nach rechts unten weiter.

* Nur bei der Position Nr.22 läuft die Ameisenstraße parallel nach links unten zurück.

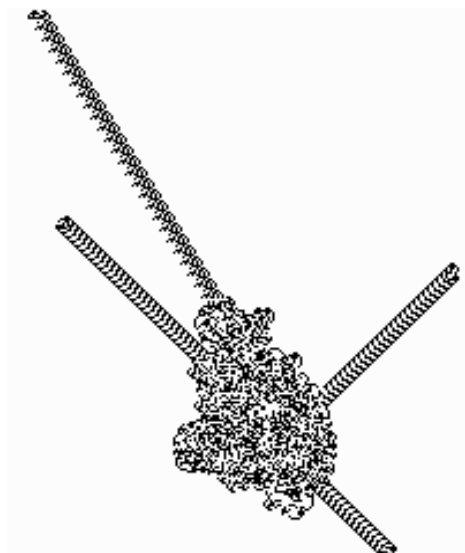
Besonders aufgefallen ist mir, dass nach jeder Störung wieder eine Ameisenstraße entsteht. Außerdem ist das Muster der Ameisenstraßen immer gleich.

Mehrere Ameisen

Viele unerwartete Ergebnisse ergeben sich, wenn mehrere Ameisen gleichzeitig starten. Ich habe die Bedingungen gewählt, dass die Ameisen in einer festgelegten Reihenfolge jeweils einen Schritt ausführen.

Zwillingsameisenstraße

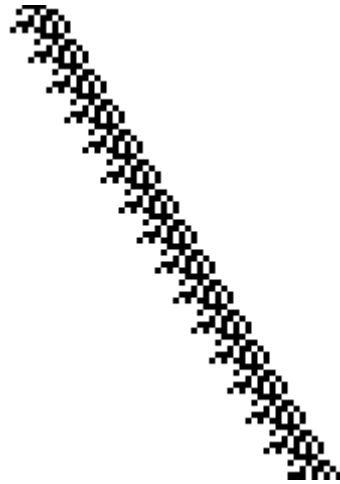
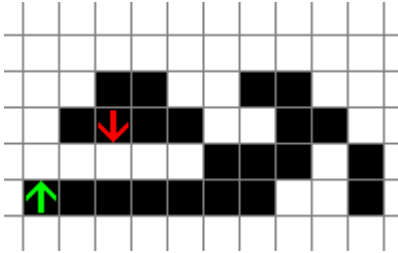
Wenn man 10,17 oder 51 Ameisen an gleicher Position und alle mit Blickrichtung nach unten starten lässt, ergibt sich nach einiger Zeit eine neue Art von Ameisenstraße. Ich nenne sie Zwillingsameisenstraße, weil sie von zwei Ameisen gebaut wird. Die Zwillingsameisenstraße hat einen Zyklus von 102 Schritten. Das Muster verschiebt sich dabei um 5 Felder nach oben und 3 Felder nach links. Daher wird die Zwillingsameisenstraße viel schneller und in einem anderen Winkel gebaut.



Startfigur

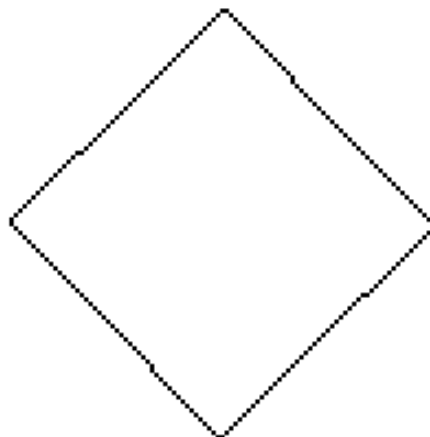
Die endlose Zwillingsameisenstraße entsteht, wenn man mehrere Pixel und beide Ameisen an bestimmter Position auf den Bildschirm setzt. Die Ameise eins (roter Pfeil) schaut in Blickrichtung nach unten. Die Ameise zwei (grüner Pfeil) schaut in Blickrichtung nach oben.

Aus dieser Startfigur entsteht direkt eine Zwillingsameisenstraße.



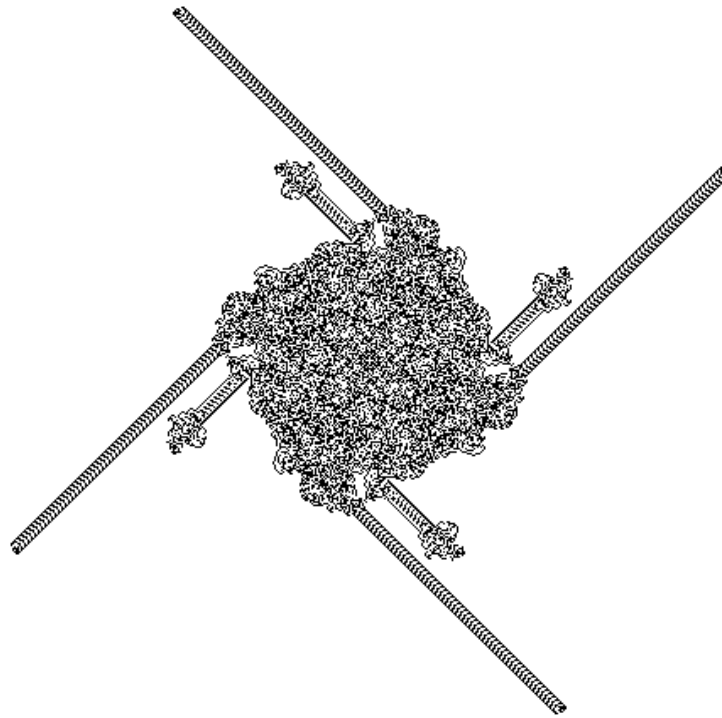
Symmetrisches

Wenn vier Ameisen an einem Punkt starten und die Blickrichtung für jede Ameise im Uhrzeigersinn um 90° geändert ist, dann entsteht ein endloses wachsendes Quadrat.



Wenn die Anzahl der Ameisen der Achterreihe + 4 (also 12,20,28,36,44, ...) entspricht, entstehen immer punktsymmetrische Bilder. Hier das Beispiel mit zwanzig Ameisen:

Wenn 20 Ameisen an einem Punkt starten und die Blickrichtung für jede Ameise im Uhrzeigersinn um 90° geändert ist, dann entsteht ein symmetrisches immer größerwerdendes Bild.



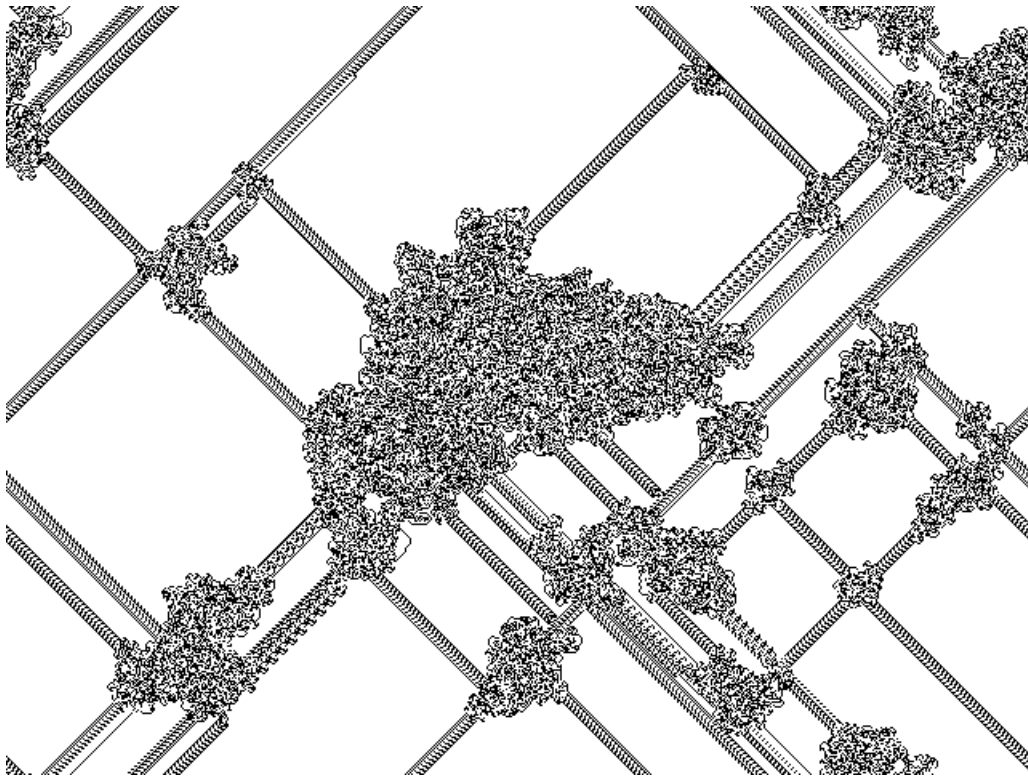
Wenn die Anzahl der Ameisen der Achterreihe (also 8,16,24,32,40, ...) entspricht, dann kommen die Ameisen nicht von der Stelle. Die Ameisen löschen immer wieder ihre Spuren, sodass es nur etwas flimmert.

Ameisenboten

Zur meiner großen Überraschung, habe ich festgestellt, dass mehrmals Ameisen an den Ameisenstraßen unterschiedlich schnell entlang laufen. Diese Ameisen nenne ich Ameisenboten, weil es oft so aussieht als würden sie an die anderen Ameisen eine Botschaft überbringen.

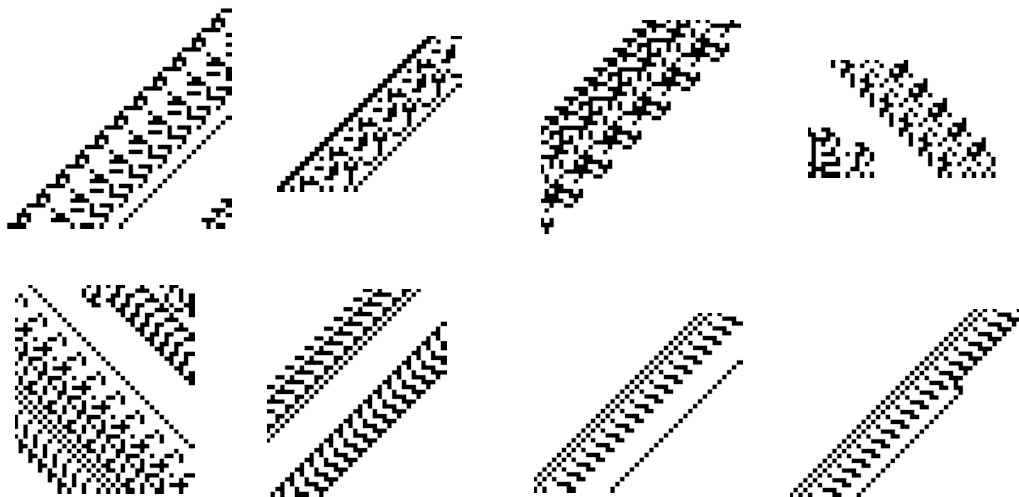
Unterschiedliche Botschaften

- Die Ameise baut die Straße zurück.
- Am Ende der Ameisenstraße entsteht ein neuer Ameisenhaufen.
- Ameisen kommen zurück und die Straße wird nicht mehr weitergebaut.
- Die Ameisenstraße wird in einem anderen Winkel weitergebaut.
- Beim Rückbau der Straße bleiben am Ende der Straße einige Pixel zurück.



Musterveränderungen

Viele Ameisen erzeugen neue regelmäßige Muster, wenn sie über die Ameisenstraße laufen. (Vergrößerte Ausschnitte aus dem Bild oben)



Ameisenkugeln

Zu meiner Überraschung habe ich festgestellt, dass es unter bestimmten Bedingungen zur Entwicklung sich bewegender Strukturen kommt, die ich als Ameisenkugeln bezeichne. Diese Bezeichnung habe ich gewählt, weil es so aussieht, als wenn eine Kugel davonfliegt.

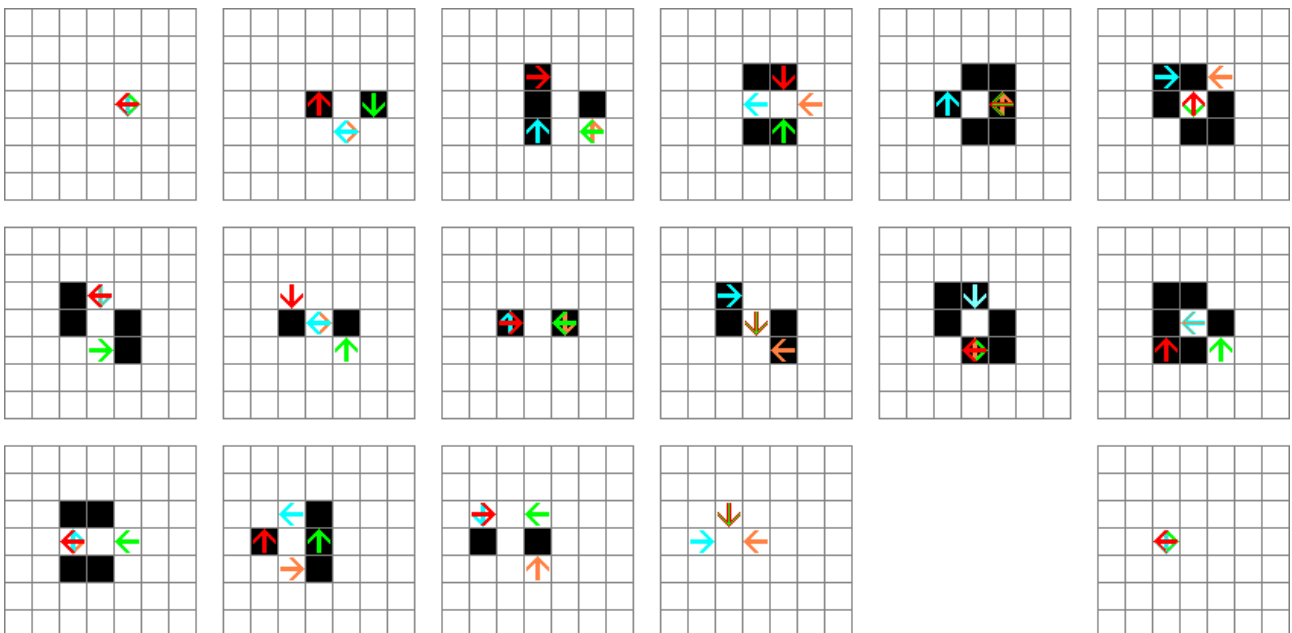
Ameisenkugel mit 16er-Zyklus

Wenn 19 Ameisen an gleicher Position starten und jeweils die Startrichtung im Uhrzeigersinn um 90° geändert ist, entsteht eine Ameisenkugel.



Vier Ameisen bewegen sich als eine Kugel aus dem Ameisenhaufen nach links heraus, wie es auf dem Bild oben zu sehen ist.

Analyse der Schritte



Vier Langton-Ameisen, stehen auf einer Position und schauen in folgende Richtungen:

Blickrichtung

- | | |
|----------------------------|--------|
| <u>1. Ameise (rot):</u> | links |
| <u>2. Ameise (grün):</u> | rechts |
| <u>3. Ameise (blau):</u> | unten |
| <u>4. Ameise (orange):</u> | unten |

Die Kugel hat einen Zyklus von 16 und bewegt sich dabei zwei Felder nach links.

Ameisenkugel mit 12er-Zyklus

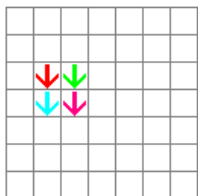
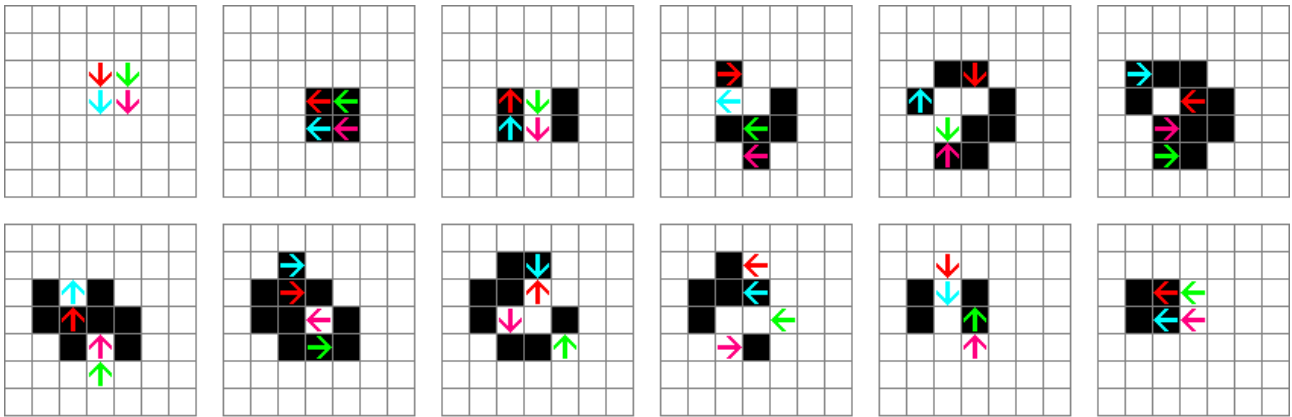
Außerdem entsteht eine weitere Kugel, wenn 9 Ameisen quadratisch angeordnet sind und die gleiche Blickrichtung haben.



Vier Ameisen bewegen sich hier als eine Kugel aus dem Ameisenhaufen nach rechts heraus, wie es auf dem Bild oben zu sehen ist.

Analyse der Schritte und Startbedingung

Um diese Art Ameisenkugel zu erzeugen, reicht es, wenn vier Ameisen quadratisch angeordnet sind, die gleiche Blickrichtung haben und gleichzeitig loslaufen.



Die Kugel hat einem 12er-Zyklus und bewegt sich in diesem Fall um zwei Rasterfelder weiter nach links.

Schlussbemerkungen

Auf dem Regionalwettbewerb ist mir aufgefallen, dass viele Leute die Regeln für die Ameise nicht verstanden haben. Daher hab ich mir überlegt, die Regeln für die Ameise auf einem Spielfeld mit einfachen Mitteln darzustellen.

Außerdem ist mir bei den bisherigen Untersuchungen aufgefallen, dass es z.B. pulsierende Muster gibt und Kugeln reflektiert werden können. Hierzu werde ich noch weiter Versuche machen.

Die erste Langfassung zum Regionalwettbewerb und weitere Informationen sind auf meiner [Webseite](#) abrufbar.

Clemens Hovekamp im März 2012