

Das Leben und der Tod in Zuckerlandschaften

Vortrag von Hagen Steidelmüller im Seminar „Artificial Life und Multiagenten-Systeme“

Einleitung

Dies ist kein Vortrag über das Schlaraffenland sondern über wohl interessanteste Aspekt des künstlichen Lebens in den Computerwelten – eine Einführung in die Multiagentensysteme.

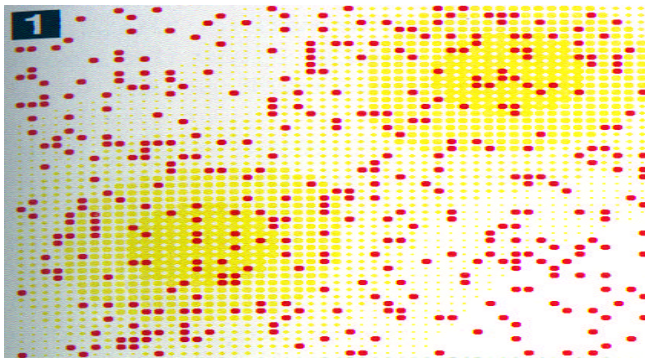
Ich habe diesen Vortrag wie folgt unterteilt :

- Das Universum und seine Bewohner(grundlegende Erklärungen und Definitionen)
- Eine Zivilisation entsteht(ein erstes einfaches Model)
- Keine Welt ohne Plagen(weiterführende Details in puncto Verschmutzung und Krankheit)
- Mein eigenes Model(meine eigene Implementierung)
- Zusammenfassung und Quellen

Das Universum und seine Bewohner (oben)

Sugarscape heißt frei übersetzt Zuckerlandschaft. Es sind die Systeme/Landschaften in denen sich die Agenten, viele Agenten, zu hause fühlen, daher Multiagenten-Systeme. Es ist ein eigenes kleines Universum mit von uns erdachten Bewohnern. Das Universum als Zuckerlandschaft – bzw. bei mir eine Petrischale.

Die Bewohner heißen in der Fachsprache Agenten (ich nannte sie etwas pragmatischer Bakterien)



rot = Agent gelb = Zucker weiß = leer

Es ist nun ganz klar, dass nicht jedes geschaffene System eine Zuckerlandschaft sein kann. Um sich als solche bezeichnen zu können müssen ganz klare Eigenschaften gegeben sein. Eine Zuckerlandschaft ist:

- eine Umgebung in einem Koordinatensystem
- wo jede Stelle eine gewisse max. Kapazität an Zucker (Ressource) hat
- wo jede Stelle eine gewisse Häufung an Zucker abhängig von Systemzeit besitzt, die nicht größer als die Kapazität sein kann.

Auch die Bewohner dürfen sich nur Agenten nennen, wenn sie folgende Merkmale besitzen. Agenten/Bakterien:

- belegen eine Stelle- haben Koordinaten
- ernten/sammeln den Zucker
- bewegen sich

- verbrauchen Zucker für Leben und Bewegung usw.
- vermehren sich
- haben ein Sichtfeld
- haben einen Zuckerverarbeitenden Metabolismus
- haben ein gewisses Genom an Eigenschaften
- haben nur ein gewisses Alter

Grundsätzlich teilen sich alle Merkmale auf in Bestandteile des Genotyps – das sind permanente vorgegebene (in den Genen codierte) Eigenschaften, die sich während der Simulation nicht verändern (zBsp. Farbe)– und in die des Phänotyps – Merkmale die von der Umgebung bestimmt werden(zBsp. Reichtum).

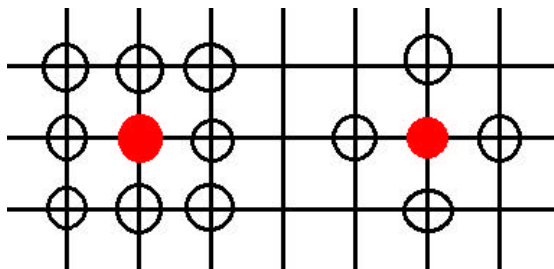
Mein Variante besitzt Gencode aus 1en und 0en (Genotyp), welches aber mit Sicherheit nicht die einzig wahre Möglichkeit der Implementierung sein muss.

Ursprünglich wurden die Agenten nach dem Neumannsystem konstruiert

- Neumann Model : Agenten sehen nur 4 Nachbarn / 4 Bewegungsmöglichkeiten

Aber für spätere Versuche stellte die Moorevariante oft eine bessere Lösung da.

- Moore Model (meines) Agenten sehen 8 Nachbarn / 8 -“-



MOORE

NEUMANN

Wie jedes Universum hat auch unsere Zuckerlandschaft Naturgesetze.

Und wie jede menschliche Gesellschaft gibt es auch Regeln für die Agenten.

- Grundlegende Regel für die ZL: -> Der Zucker muss regenerieren

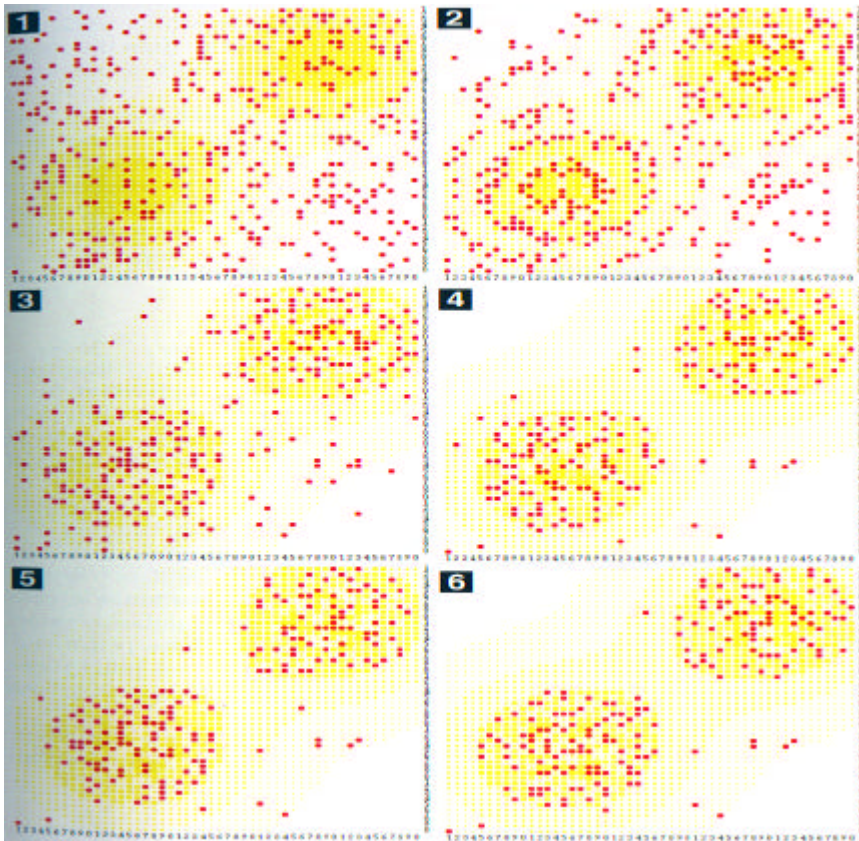
Um diese Regel zu erfüllen können wir uns mehrere Möglichkeiten vorstellen: sofort aller Zucker auf die maximale Kapazität ; über kleine Schritte pro Zeiteinheit wieder nach oben ; Wachstum in Abhängigkeit von der Nachbarstelle usw.

- Grundregel für Agenten: Suche die beste (=zuckerreichste) Stelle und bewege dich dorthin.

Um dem Leser zu verdeutlichen was für ein Unterschied auftreten kann, zwischen der Regel „bewege dich irgendwo hin“ (Model 1) und „Suche die beste Stelle aus“ (Model 2), sei ihm dieser Link, der auch später zu meinem endgültigem Model führt, ans Herz gelegt.

<http://www.informatik.tu-cottbus.de/~hsteidel/>

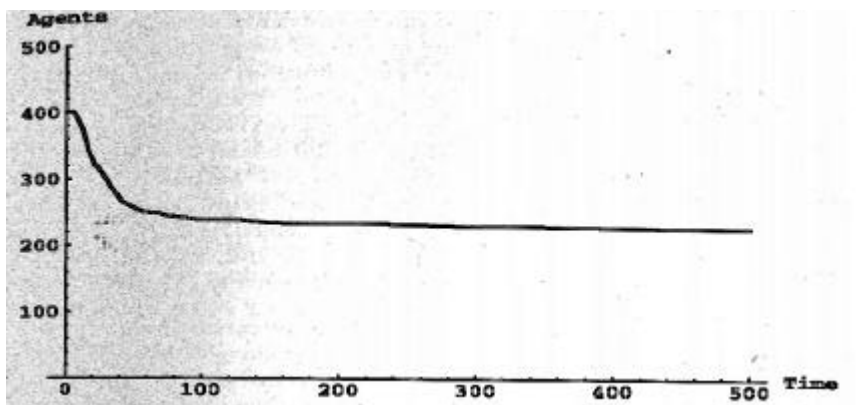
Eine Zivilisation entsteht (oben)



Zum Bild: Aus einer anfänglichen Gleichverteilung ergibt sich über die Zeit hinweg eine ganz spezifische Aufteilung. Die Agenten (rote Punkte) wandern aus den öden und leeren Gebieten der Landschaft (die weißen Flächen im Nordwesten und Südosten) hin zu den Zuckerbergen (gelbe Pfecken im Nordosten und Südwesten) die sich ständig regenerieren.

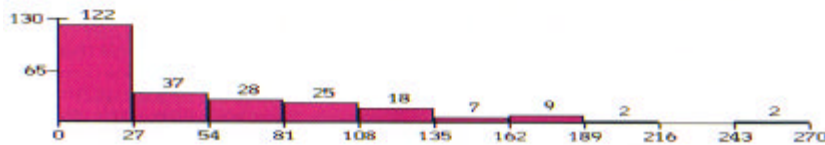
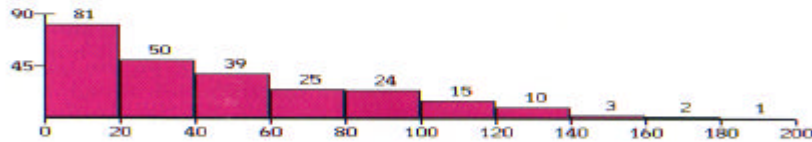
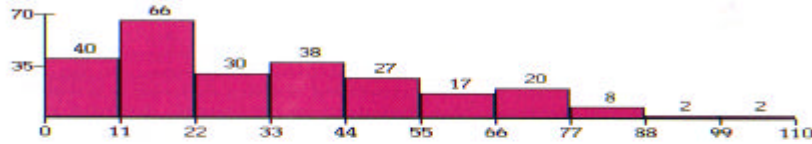
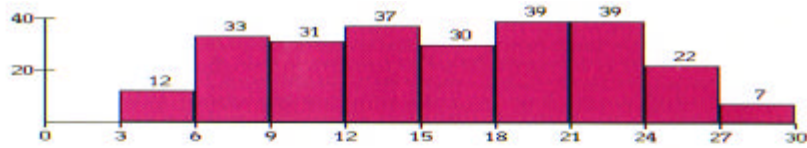
Es entsteht ein einfaches System aus Wesen in einem für sie natürlichem Umfeld – einem biologischen Lebensraum nicht unähnlich. Bereits in diesem einfachen Modell lassen sich viele allgemeine Rückschlüsse aus dem beobachteten Verhalten der Agenten auf uns treffen

- 1. Rückschluss: eine Umfeld kann nur ein gewisses Maß an Agenten beheimatet. Das ist die sogenannte Carrying Capacity



Hier liegt sie bei ca 250 Exemplaren.

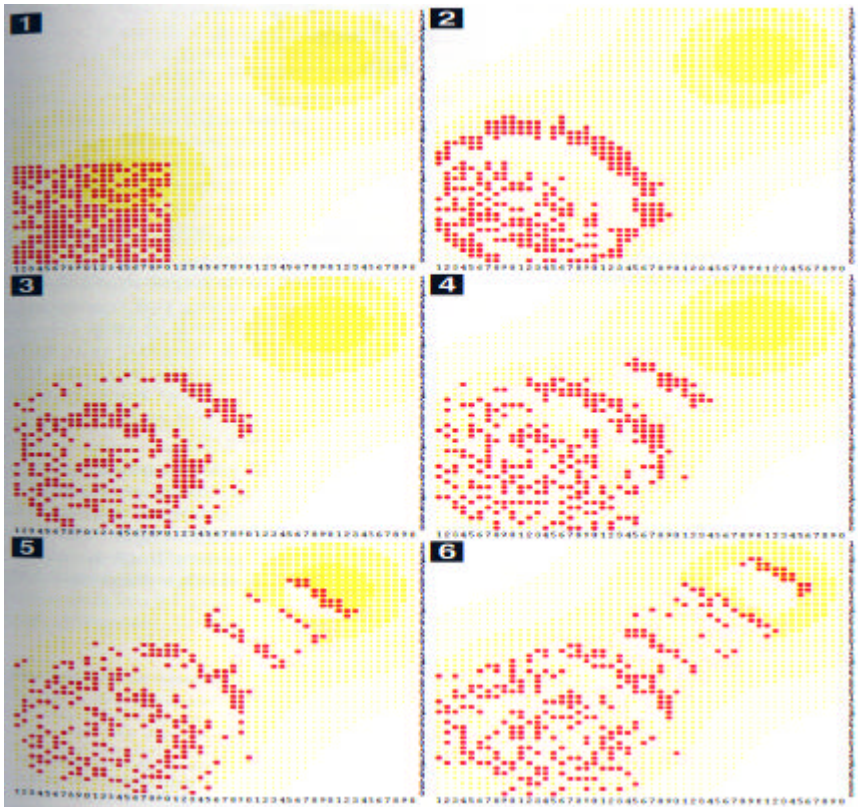
- 2. Rückschluss: der Reichtum (Menge des gespeicherten Zuckers) verteilt sich ungleichmäßig



Das sind 4 Schnitte durch die gesellschaftliche Reichtumentwicklung zu 4 aufeinanderfolgenden Zeiten. Die horizontale Achse zeigt die Reichtumsschicht (wie viel Zucker haben sie gehortet) der Agenten auf. Die vertikale gibt an, wie viel Agenten sich zu diesem Zeitpunkt in der Schicht befinden. Deutlich stellt sich am Ende eine Wohlstandspyramide ein, in der wenige viel haben und viele wenig.

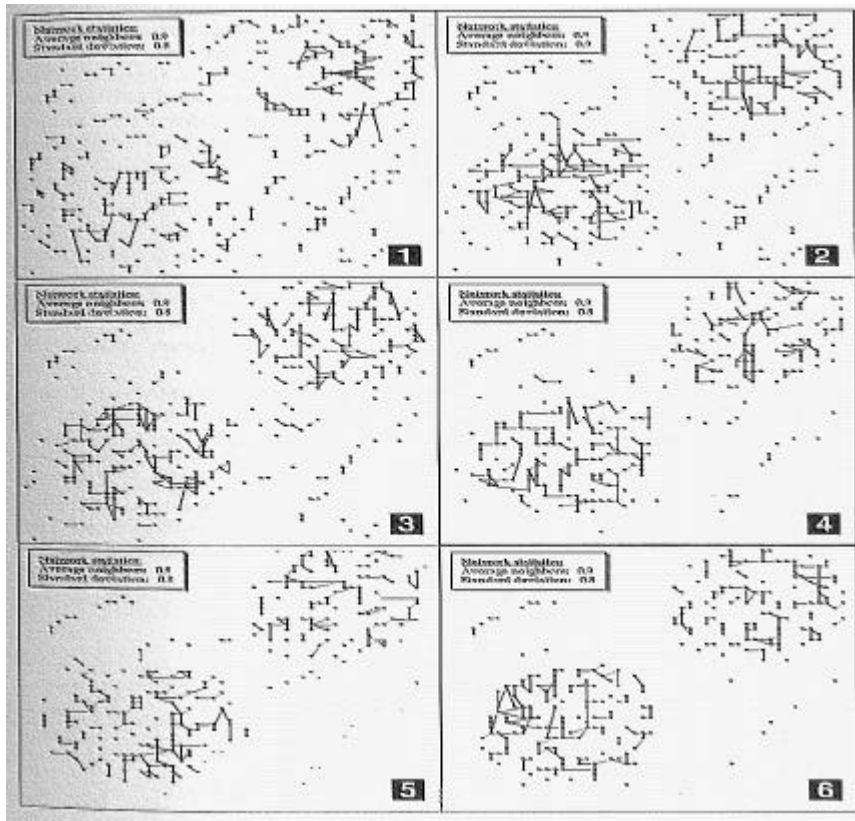
Es gibt noch weitere lohnenswerte Untersuchungsmöglichkeiten:

- Völkerwanderungen



Die Agenten starten im Südwesten der bekannten Landschaft. Aufgrund der schwindenden Zuckervorkommen beginnen bald die Agenten der rechten oberen Ecke eine Wanderung entlang der Zuckerstrasse, auf deren Weg sie nur abgefressene Felder hinterlassen. Schließlich erreicht ein kleiner Trupp den 2. Zuckerberg. Unterdessen hat sich der anfänglich niedergefressene Zucker regeneriert und weitere Fronten von Agenten bewegen sich über das Land. Es entsteht eine Wanderungs- und Wellenbewegung. Bemerkenswert ist das die Neumann-Agenten, denen eigentlich nur Bewegungen in die 4 Haupthimmelsrichtungen möglich sind, sich hier in der Gemeinschaft auch diagonal bewegen können. Allgemein könnte man sagen die Gemeinschaft ist zu mehr fähig als der einzelne.

- die sozialen/nachbarschaftlichen Beziehungen



Hier werden Linien zwischen direkt benachbarten Agenten gezogen.

Auf diese Art von Grafen kommen wir später noch mal bei der Darstellung und Ausbreitung von Krankheiten und Seuchen zurück.

Keine Welt ohne Plagen (oben)

Verschmutzung:

Nun erweitern wir das Modell um eine mögliche Verschmutzung durch die Agenten, wie wir sie auch von uns kennen. Mehrere Verschmutzungsszenarien könnten wir uns vorstellen:

- Stoffwechselprodukte die sich auf den Feldern ansammelt
- Abgase durch die Bewegung
- Aas der verstorbenen Agenten

Welche Art auch immer, die Verschmutzung beeinflusst die Agenten negativ. Sie:

- reduziert ihre Sicht
- verlangsamt die Bewegung
- verringert ihre Lebenserwartung

In gewissem Maß ist die Verschmutzung so etwas wie das Negativbild des Zuckervorkommens.

Würde die Verschmutzung unendlich anwachsen, wären alle Agenten über kurz oder lang dem Untergang geweiht. Sie würden vergiftet werden.

Daher muss auch die Verschmutzung beseitigt werden. Auch dafür lassen sich einige Ideen finden:

- (in der Buchquelle:)Diffusionsmethode-> die Verschmutzung wird über die Zeit hinweg gleichmäßig über die ZL verteilen
- andere Ideen: es werden Agenten eingeschleust, die sich vom Schmutz ernähren (vergleichbar mit Mikroben)

Aber wie wir aus unserer Geschichte wissen kann Schmutz und Dreck zu noch viel schlimmeren Problemen führen. Er kann die Quelle für Krankheiten und Seuchen werden.

Infektion und Verbreitung von Krankheiten:

Es gibt viele Programme und Systeme, die sich mit der Ausbreitung und Verteilung von Krankheiten beschäftigen. Die meisten dieser Modelle haben aber schwerwiegende Schwachstellen und sind unzureichend in vielen Punkten. Es sind die sogenannten Top-Down-Modelle, die folgendes nicht beachten :

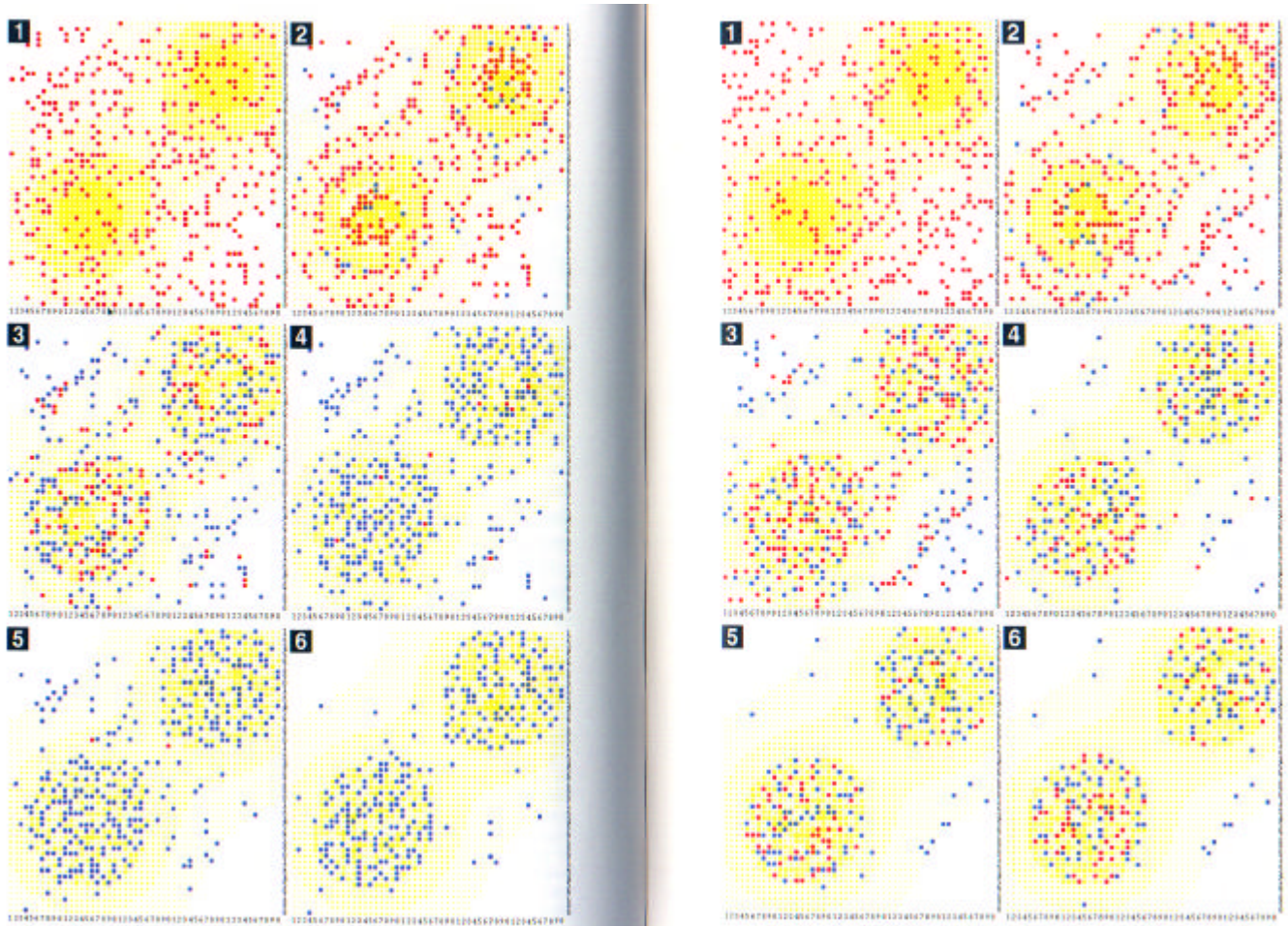
- den Abstand von Personen und Infizierten
- die Verhaltensänderungen der Infizierten
- mögliche Immunitäten in der Bevölkerung
- die individuellen Eigenschaften einer jeden Krankheit und eines jeden Bewohners im System

Das jetzt vorgestellte Model ist ein Bottom-Up-Model in unserer Zuckerlandschaft Hier ist eine Krankheit ein Binärstring, eine zufällige Anordnung von 1en und 0en eine kleinen Länge. Die Ansteckung mit dieser Krankheit erfolgt über eine Nachbarschaft mit einem infizierten Agenten. Nun sind die Agenten dieser Krankheit nicht schutzlos ausgeliefert. Wir erweitern sie um ein Immunsystem (ein langer Binärstring), der in seiner ursprünglichen Form fest codiert im Gencode ist, sich aber während der Lebensphase des Agenten im Phänotyp stark ändern kann. Unter diesen Bedingungen bedeutet Immunität, dass der Krankheitsstring ein Teilstring des Immunsystems des Agenten ist. Vor jeder Ansteckung wird diese Tatsache überprüft. So kann es denn vorkommen das Agenten von bestimmten Krankheiten nie angefallen werden. Ist er nun aber nicht immun, so infiziert er sich fast unausweichlich mit der übertragenen Krankheit. Selbst das muss nicht sofort zum Tod führen, denn wir gaben dem Agenten ein intelligentes lernendes Immunsystem auf seinem Weg mit. Die Genesung erfolgt über die langsame Immunisierung des Agenten: pro Zeitintervall wird der Krankheitsstring mit dem gesamten Immunsystem verglichen und dessen mit der Krankheit am besten übereinstimmende Teilstring Bit für Bit so gekippt, dass am Ende nach einer gewissen Zeit, sich die Krankheit doch als Teilstring des Immunsystems wiederfinden lässt und Immunität gewährleistet ist. Überlebt der Agent diese Krankheit ist er immun dagegen.

Nun haben auch Krankheiten Effekte auf die Agenten. Dem Programmierer sind wieder keine Grenzen gesetzt, doch im allgemeinen werden sich diese Effekte nicht wesentlich von denen der Verschmutzung unterscheiden.

Wie kann nun bei einer geschlechtlichen Fortpflanzung der Agenten, also bei einer Populationsmehrung bei der mehr als ein Agent daran beteiligt ist, so etwas wie Immunität vererbt werden? Grundsätzlich nicht. Immunsysteme frisch geborener Agenten müssen sich immer wieder aufs neue auf die im System herrschenden Krankheiten anpassen. Im diesen Zusammenhang fällt oft der Begriff Kinderkrankheiten. Aber die IS haben die Chance gewisse Immunitäten, die bereits die Eltern geerbt hatten zu übernehmen: das IS des Kindes wird neu aus beiden(oder den mehreren) IS der Eltern gewonnen, in dem man gleiche Bitstellen des Gencode-Immunsystems übernimmt und bei verschiedenen Stellen das Los entscheiden lässt. geschlechtlicher Fortpflanzung:

Wie sieht nun ein System mit mehreren Krankheiten aus:

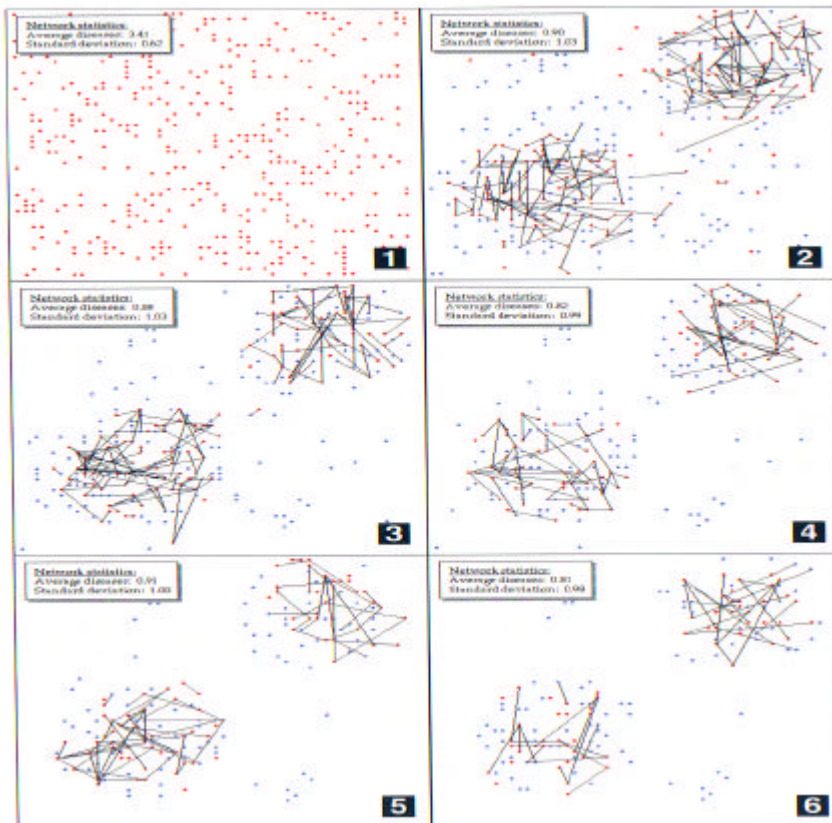


Auf der Linken Seite: In dieser Zuckerlandschaft existieren anfangs 10 unterschiedliche Krankheiten. Jeder Agent ist zufällig mit 3 von Ihnen infiziert (rot). Wir beobachten, dass bereits nach nur wenig Zeit sich die ersten Immunitäten und Gesundungen einstellen (blau). Auf den Zuckerbergen, wo die Zahl der Agenten am höchsten ist und somit auch der keimübertragende Kontakt halten sich die Krankheit am längsten. Doch am Ende ist es allen gelungen sich zu immunisieren und die Krankheiten auszulöschen.

Auf der rechten Seite: Hier wurden nicht 10 sondern 25 Krankheiten im System verteilt. Sie halten sich nun so aggressiv, dass es den Bewohner auch nach langer Zeit nicht gelingt, sie auszurotten.

Die Verbreitung und die Ansteckungsweg der einzelnen Krankheiten lassen sich jetzt am besten mit einem Grafen darstellen Krankheitsnetzwerke:

(Grafik)



In dieser Grafik wird nur die Beziehung der Infizierten untereinander dargestellt. Wieder finden wir eine anfängliche Gleichverteilung der Krankheiten vor. Sie übertragen sich durch Nachbarschaft und so finden wir dann auch auf einer langen Reihe von Linien aufgehängt wie eine Kette den Weg den eine Krankheit durch die Gesellschaft genommen hat. Es befinden sich sowohl blaue Agenten, die sich bereits heilen konnten und rote, die noch immer infiziert sind, in direkter Beziehung zu einander.

Mein eigenes Model (oben)

Gleich zu Beginn des Seminars noch bevor mir Aufgabe und Quelle zugeordnet wurde, ließ ich mich inspirieren und setzte mich fleißig an die Programmierarbeit. In regelmäßigen Abständen fanden immer wieder Verbesserungen und Verfeinerungen des System statt. Sie sind in den alten Modellen dokumentiert. Generell musste ich aber beim darauffolgenden Vergleich mit der Buchquelle feststellen, dass ich viele Übereinstimmungen ganz intuitiv eingestellt hatten. Meine grundlegenden Annahmen waren gleich:

- die Agenten/ bei mir Bakterien bewegen sich
- nehmen Nahrung zu sich
- sehen hier nur jeweils ein Feld (etwas eingeschränkter als in der Quelle)
- kennen ihre Nachbarn
- haben ein Genotyp
- und ein Phänotyp

Ich hatte ganz selbstverständlich das Mooremodel verwendet, ohne dieses genauer zu kennen. Darüber hinaus bin ich aber noch einen eigenen Weg gegangen, der sich durch folgende Erweiterungen unterscheidet:

- eine fleischfressende und eine zuckerfressende Spezies
- es treten Mutationen des Gencodes bei der Geburt neuer Agenten auf

Auf <http://www.informatik.tu-cottbus.de/~hsteidel/> findet man die besagten älteren Versionen und die jeweils neueste, die sich eigentlich selbst erklären sollte.

Zusammenfassung und Quellen (oben)

Dies war natürlich nur ein kleiner Ausschnitt aus dem, wozu Multiagentensystem in der Lage sind. Es werden noch viele andere Untersuchungsmöglichkeiten in Quelle genannt. Man könnte sich Agentensysteme vorstellen, in denen tiefgründig :

- Handel
- Kriege
- Wirtschaft
- Freundschaften und Beziehungen

modelliert werden. Prinzipiell sind Sugarscapemodelle zu allem in der Lage, was man auch in der Realität beobachten kann und zu dem sich eine geeignete Abstraktion finden lässt. Die Rückschlüsse die man daraufhin gewinnen kann sind immer nur sehr begrenzte aufgrund der einfachen Anfangsbedingungen und Regeln und dadurch doch elementare Ergebnisse die vom Mikrokosmos auf den Makrokosmos übertragbar sind. Man modelliert vom Großen ins Kleine, und gewinnt aus dem Kleinen Wissen über das Große.

Quellen : Weiterführende Informationen entnimmt man bitte : „Growing Artificial Societies“ von Epstein/Axtell

oder
<http://www.informatik.tu-cottbus.de/~hsteidel/>

: <http://www.informatik.tu-cottbus.de/~hsteidel/>