

# **The Sugarscape**

(Epstein / Axtell)

Projekt im Rahmen der Vorlesung  
“Regelbasierte Modelle” an der  
Universität Osnabrück.

**Dozentin:**

Prof. Dr. Claudia Pahl-Wostl

**Erstellt von:**

Waldemar Smirnow

Denis Meyer

Stefan Hermes

# Erläuterungen (1)

- Sugarscape ist ein Agenten-basiertes ComputermodeLL, das die Entwicklung einer künstlichen Gesellschaft, (Artificial Society) unter beliebig komplexen Annahmen der Interaktion ihrer Individuen untereinander bzw. mit ihrer Umwelt abbildet.
- Das Ziel dieses Modells ist die Ermittlung von Einflüssen bestimmter Eigenschaften der Agenten auf das Gesamtsystem. Auf diese Weise sollen mögliche Störfaktoren, die soziale oder ökonomische Experimente bzw. Erhebungen in der realen Welt unter Umständen beeinflussen, eliminiert werden.

# Erläuterungen (2)

- Die Basis des Modells ist durch einen nachwachsenden Rohstoff (Zucker) gegeben, der von den Agenten abgebaut wird.
- Auf diese Weise kann schon auf Grund sehr simpler Annahmen und Regeln (wie etwa des Metabolismus der Agenten und der Wachstumsrate des Rohstoffes) ein komplexes Verhalten des Systems beobachtet und gewisse Rückschlüsse auf das Systemverhalten, d.h. die Entwicklung einer Gesellschaft, der einfache Regeln zu Grunde gelegt wurden, getroffen werden.

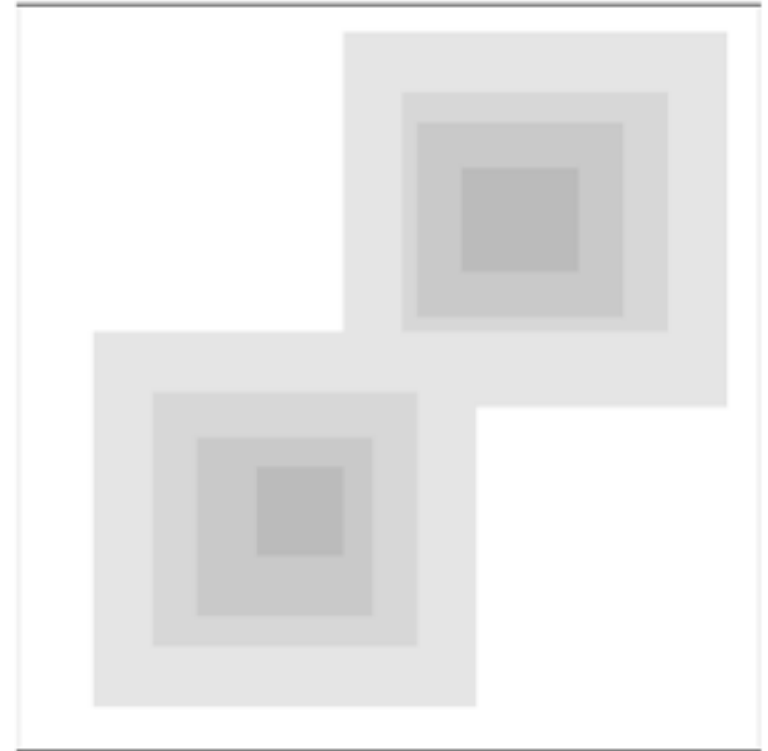
# Aufgabenstellung

- Simulation mit Hilfe der Klassenbibliothek “Famoja” (“Framework for Agent-based MOdeling with JAva”)
- Folgende Fragen sind zu beantworten:
  - I. Tauchen die Oszillationen bei Veränderung der Parameter der sexuellen Reproduktion noch auf, wenn
    - I. das Anfangsalter zu Beginn gleich verteilt ist?
    - II. Agenten aktiv nach einem Partner suchen, sobald sie fruchtbar sind (anstatt sich nur bei zufälligen Begegnungen zu reproduzieren)?
  - II. Epstein und Axtell haben festgestellt, dass durch Vererbung die Ungleichheit wächst. Welchen Effekt (messbar z.B. Über Gini-Koeffizient) hat es auf die Ungleichheit, wenn die Eigenschaften des Nachwuchses (z.B. Metabolismus, Vision) vom „Vermögen“ der Eltern abhängen (also nicht von der Genetik, sondern z.B. vom Zugang zu Bildung)?

# Implementation - Umwelt

- 50 x 50 großes Raster mit torischen Randbedingungen
- Liefert Ressource und sorgt dafür, dass diese mit einer bestimmten Wachstumsrate nachwächst
- Ressource ist auf den Raumparzellen des Rasters verteilt

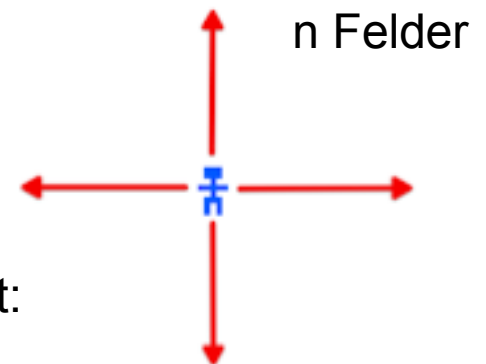
Beispiel-Raster,  
angereichert mit 2 Zuckerbergen:



# Implementation – Agenten (1)

- Bewegen sich auf der Umwelt und sammeln Zucker
- Besitzen einen Metabolismus, d.h., sie verbrauchen Zucker zur Erhaltung der eigenen Lebensaktivitäten (Zeitschritte/1 Zuckereinheit)
- Haben eine begrenzte Lebenserwartung (zunächst 60-100 Zeitschritte)
- Das Blickfeld (= maximaler Abstand zu einem Gitterplatz, aus dem noch Informationen empfangen werden können) ist begrenzt und wird durch eine (ggf.) ausgeweitete Von-Neumann-Nachbarschaft (s.u.) realisiert.
- Der Wohlstand eines Agenten wird durch den Besitz (Menge an Zucker) dargestellt.
- Es gibt Agenten unterschiedlicher Geschlechter, die sich entsprechend fortpflanzen
- Die Fähigkeit, sich fortpflanzen zu können, ist auf ein bestimmtes Alter eingeschränkt und wird abhängig unter anderem vom Geschlecht und Reichtum des Agenten zufällig ermittelt.

(Ausgeweitete) Von-Neumann-Nachbarschaft:



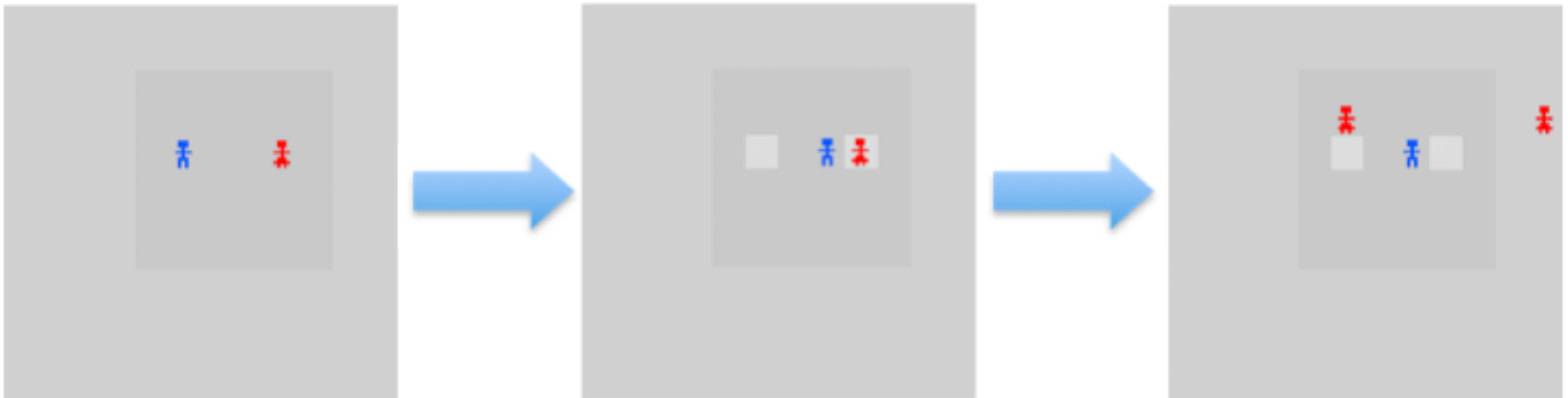
# Implementation – Agenten (2)

- **Bewegungsregeln und -ablauf**
  - Ohne aktive Suche nach einem Partner
    - Suche innerhalb des Blickfeldes die freien Gitterplätze mit dem meisten Zucker
    - Wähle bei gleicher Zuckermengen auf verschiedenen Plätzen den, der am nächsten ist
    - Gehe zu diesem Gitterplatz
  - Mit aktiver Suche nach Partner
    - Schaue alle Nachbarn an
    - Wenn einer der Nachbarn
      - fruchtbar ist
      - vom anderen Geschlecht ist
      - genügend Zucker hat
    - und man selber
      - fruchtbar ist
      - genügend Zucker hat und
      - der Zucker der Position bis zu einem bestimmten Betrag abgebaut ist
    - dann
      - suche eine freie Parzelle nahe des potentiellen Partners
      - bewege dich dorthin
    - ansonsten
      - gehe wie bei „Ohne aktive Suche nach einem Partner“ vor

# Implementation – Agenten (3)

## • Ablauf der sexuellen Reproduktion

- Wähle per Zufall einen benachbarten Agenten
- Wenn dieser Nachbar
  - fruchtbar ist,
  - mindestens so viel Zucker besitzt, wie er bei der Geburt bekommen hat,
  - vom anderen Geschlecht ist und
  - mindestens eine freie Parzelle in der Nähe ist,
- dann
  - \_ erstelle ein Kind,
  - \_ setze dessen initiale Zuckermenge, bestehend aus jeweils der Hälfte der Zuckermenge der Eltern (und ziehe diese Menge den Eltern auch von ihrem Reichtum ab).
  - \_ Wenn im Modus „Reiche bevorzugen“ und
    - die Eltern sind reich,
      - \_ setze Metabolismus + Blickfeld herauf
    - die Eltern sind arm,
      - \_ setze Metabolismus + Blickfeld herab





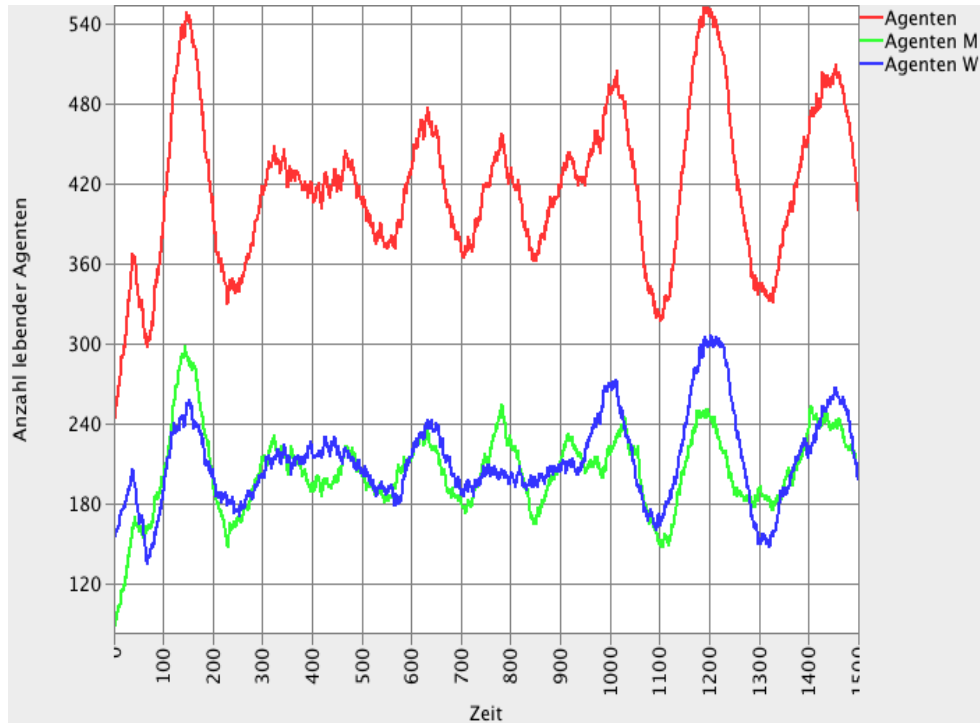
# Implementation – Agenten (4)

- **Vererbungsregel**
  - Wenn der Agent stirbt, wird das Vermögen gleichmäßig unter den Nachkommen aufgeteilt

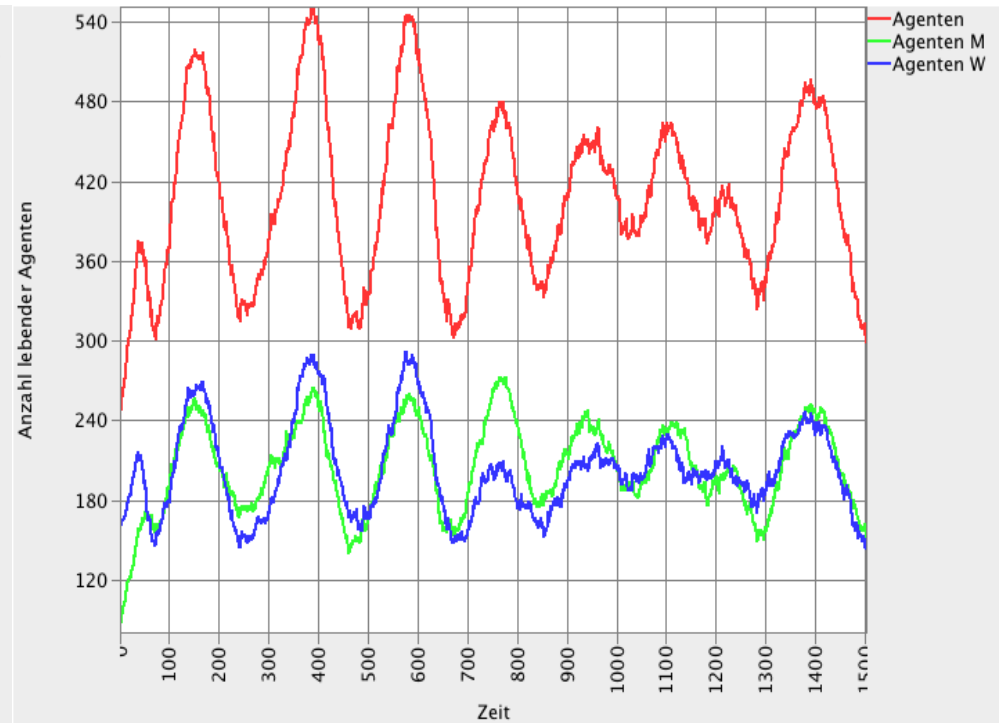
# Aufgabe 1.1: Anfangsalter (1)

Tauchen die Oszillationen bei Veränderung der Parameter der sexuellen Reproduktion noch auf, wenn das Anfangs-Alter zu Beginn gleich verteilt ist?

# Aufgabe 1.1: Anfangsalter (2.1)

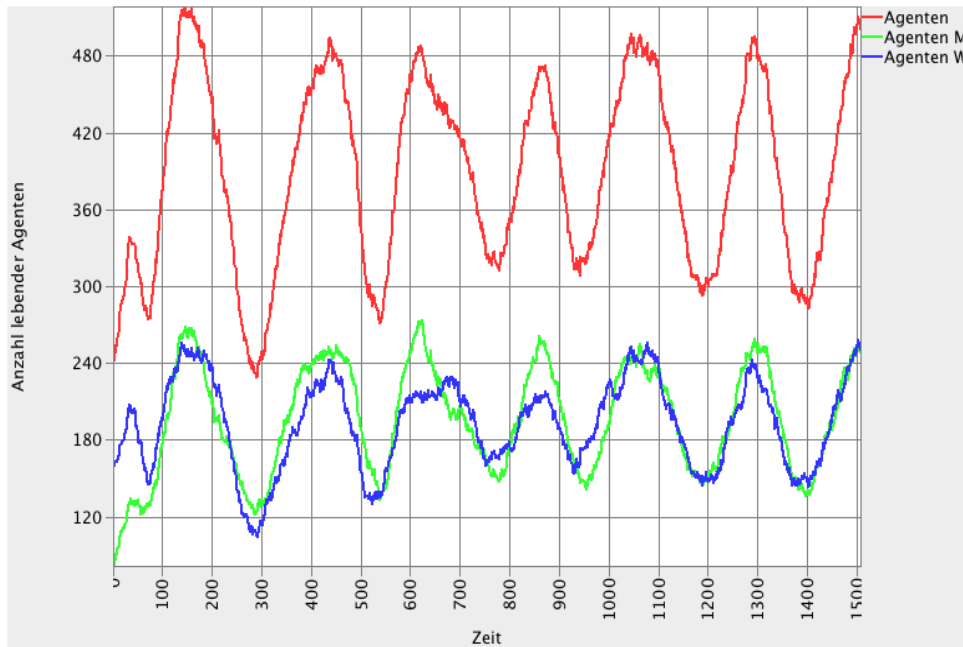


Zuckernachwachsrates = 0.3  
Aktive Suche nach Partner  
Keine Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation

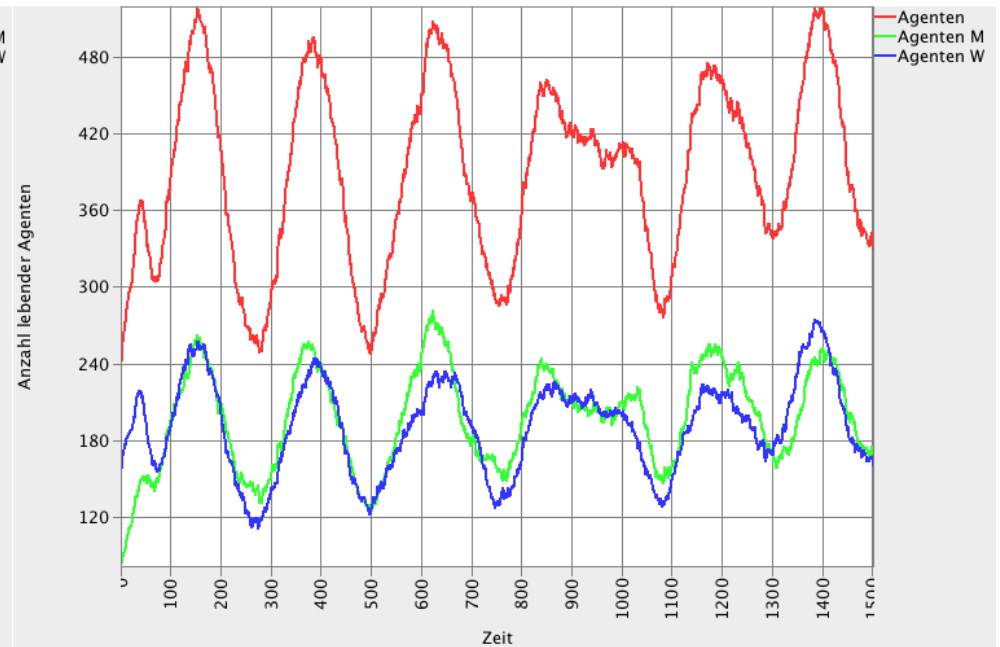


Zuckernachwachsrates = 0.3  
Aktive Suche nach Partner  
Kein Vorteile für Reiche  
Zufallsalter für die 1. Generation

# Aufgabe 1.1: Anfangsalter (2.2)

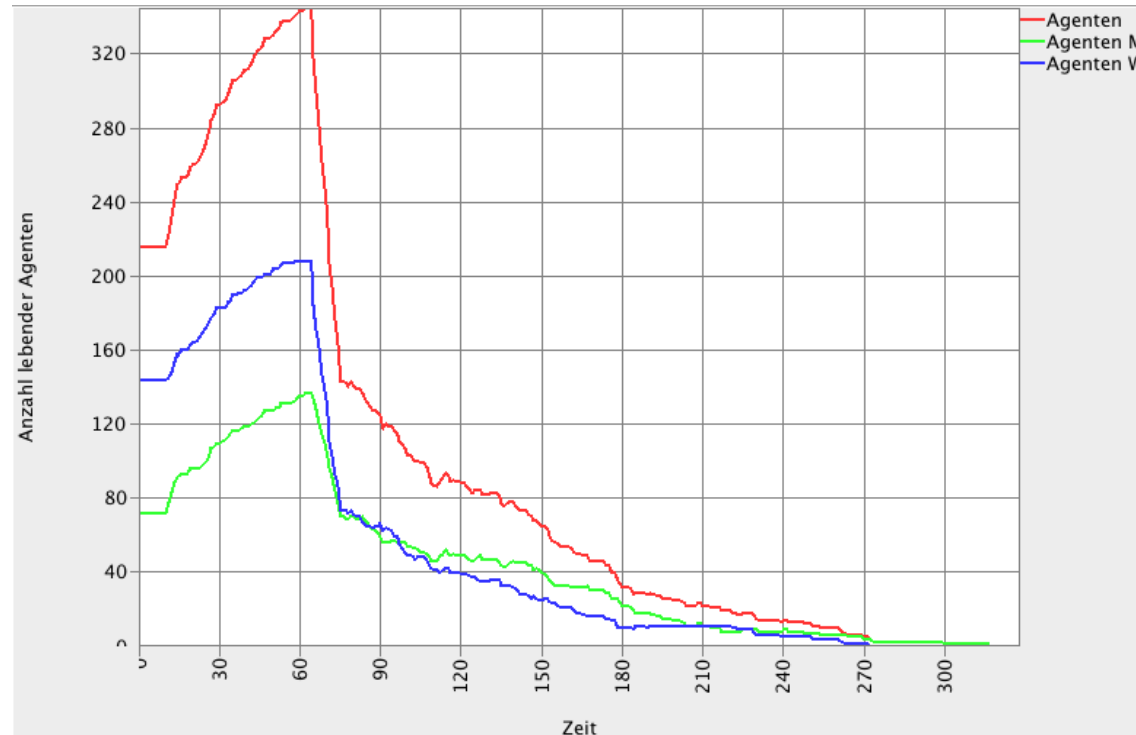


Zuckernachwachsrates = 0.3  
Aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation



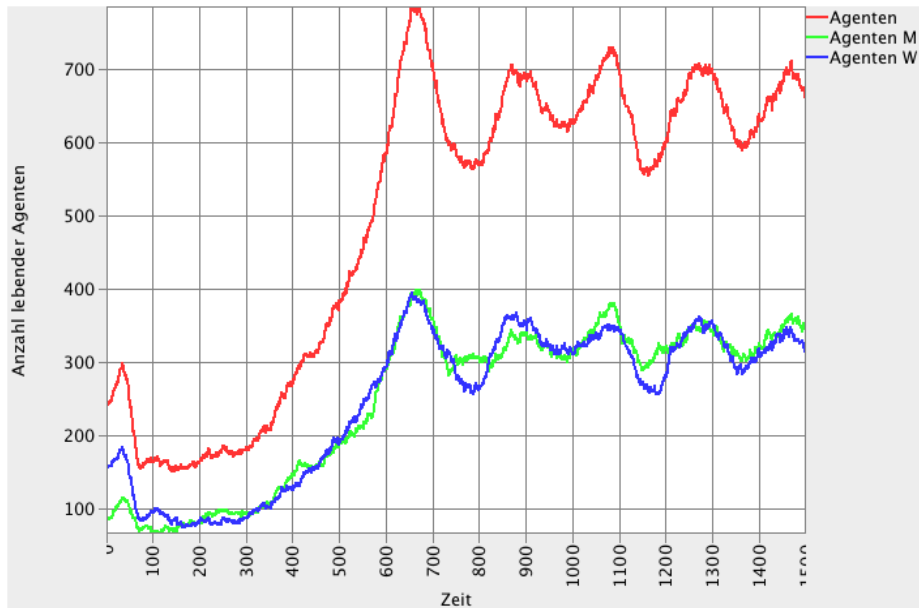
Zuckernachwachsrates = 0.3  
Aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Zufallsalter für die 1. Generation

# Aufgabe 1.1: Anfangsalter (2.3)

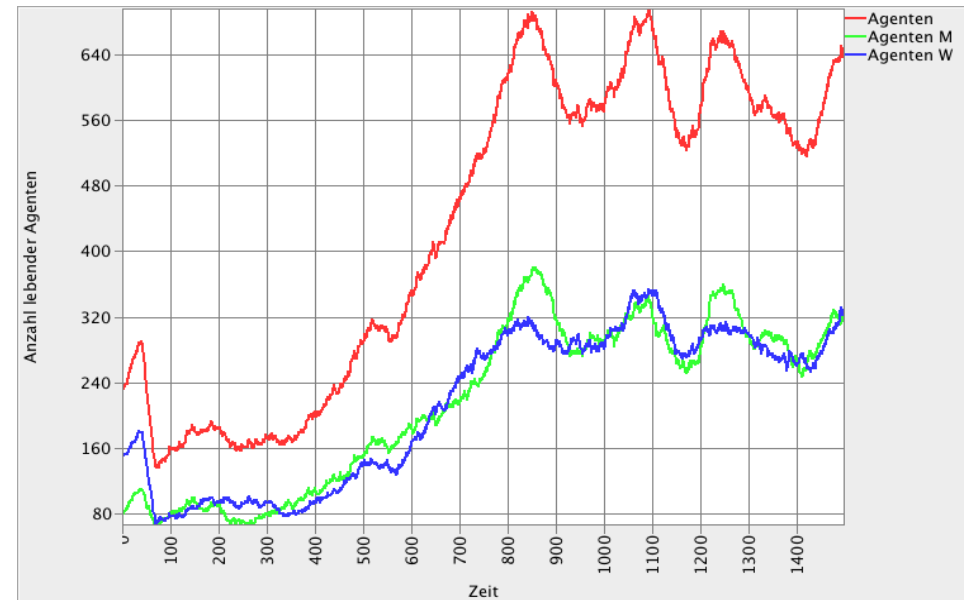


Zuckernachwachsrates = 0.3  
Alle übrigen Kombinationen:  
vorzeitiger Tod

# Aufgabe 1.1: Anfangsalter (3.1)

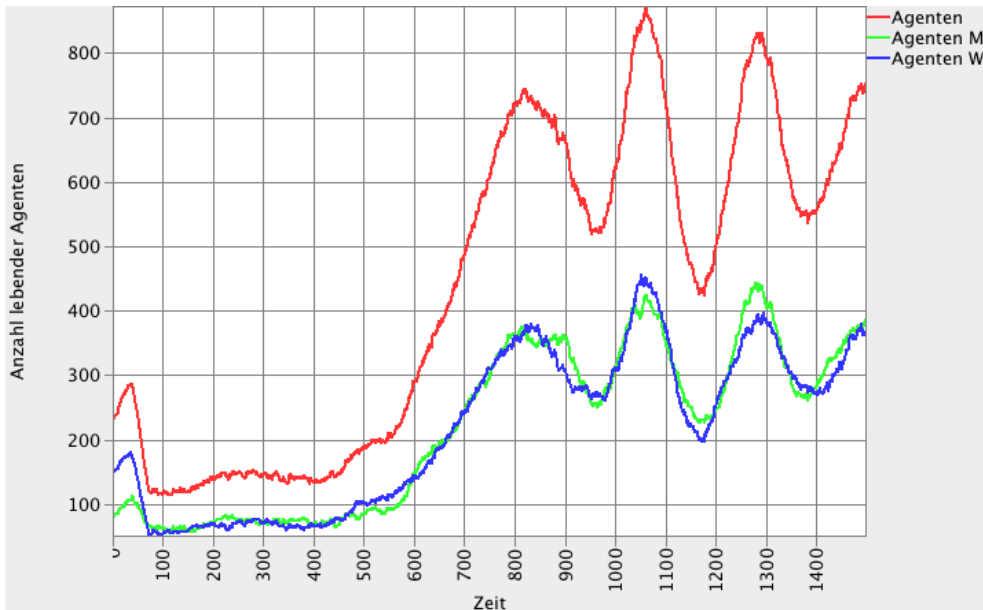


Zuckernachwachsrates = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation

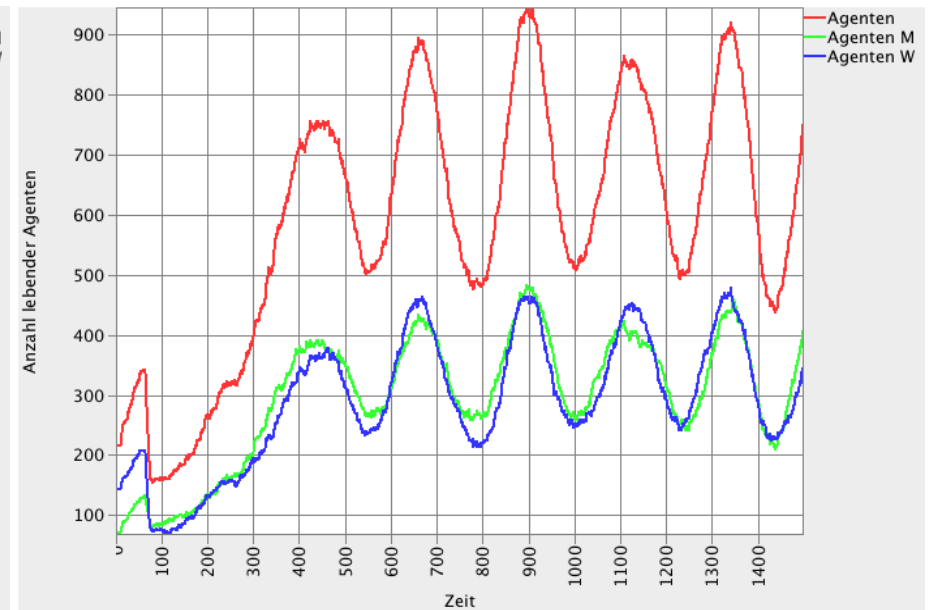


Zuckernachwachsrates = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Zufallsalter für die 1. Generation

# Aufgabe 1.1: Anfangsalter (3.2)

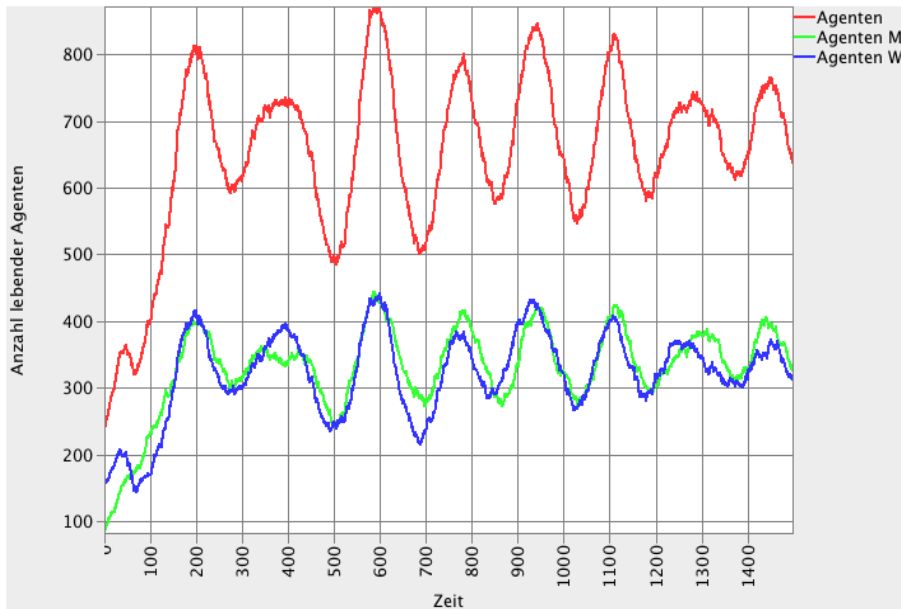


Zuckernachwachsrates = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Keine Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation

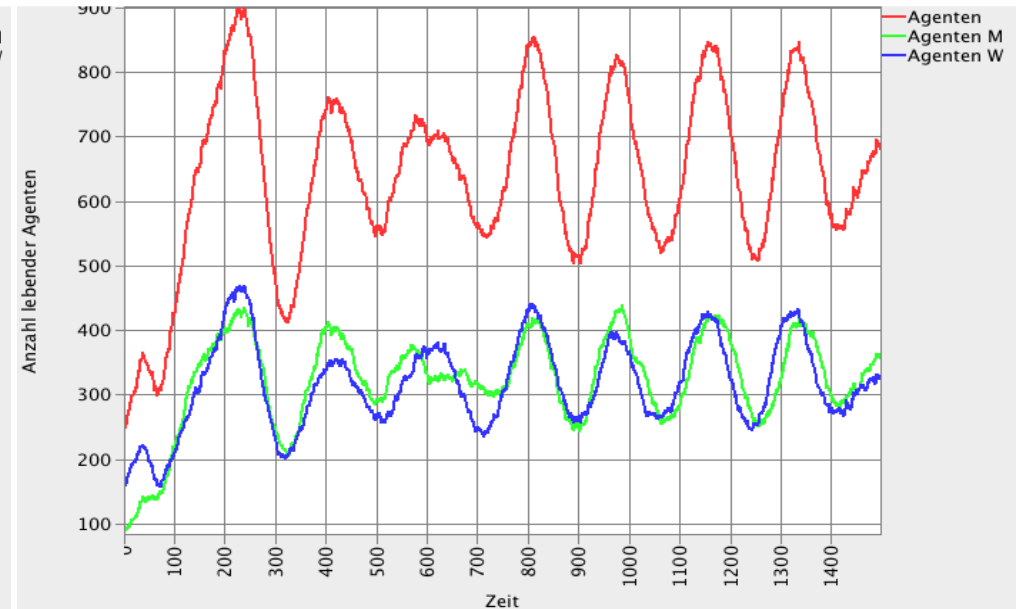


Zuckernachwachsrates = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Keine Vorteile für Reiche  
Zufallsalter für die 1. Generation

# Aufgabe 1.1: Anfangsalter (3.3)



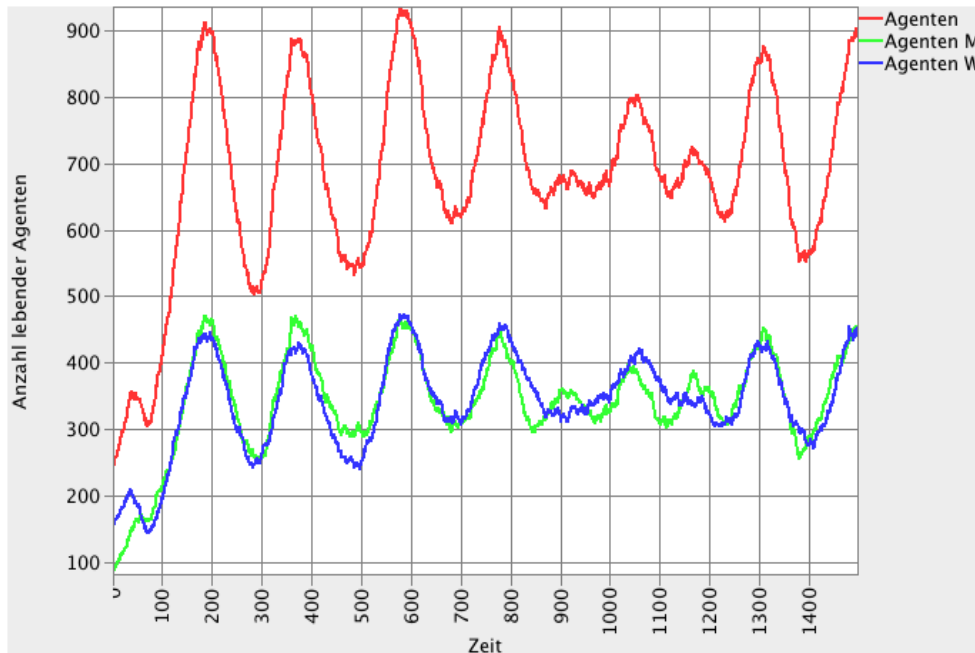
Zuckernachwachsrates = 0.5  
Aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation



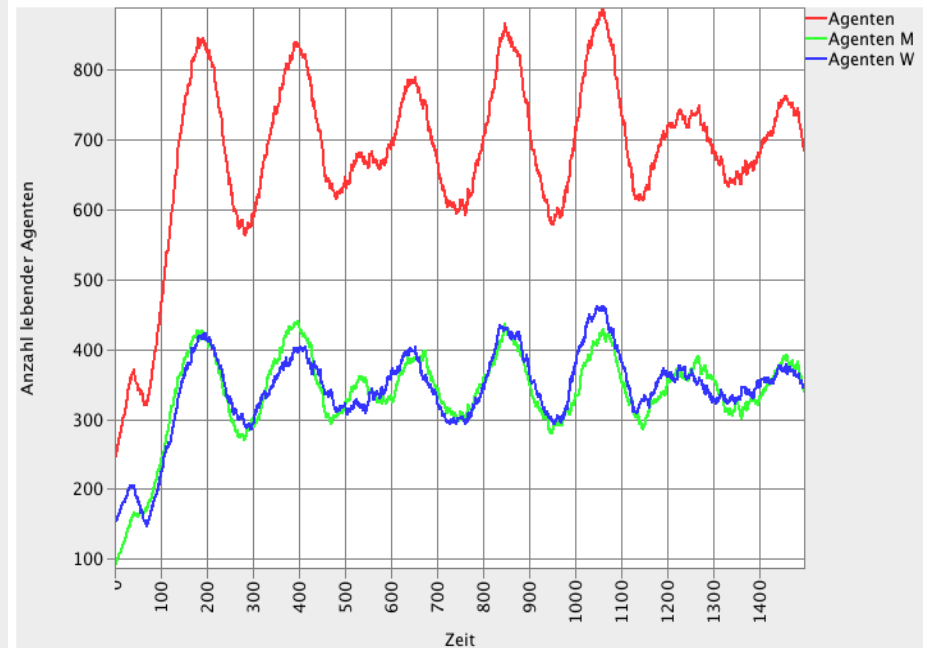
Zuckernachwachsrates = 0.5  
Aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Zufallsalter für die 1. Generation



# Aufgabe 1.1: Anfangsalter (3.4)



Zuckernachwachsrate = 0.5  
Aktive Suche nach Partner  
Kein Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation



Zuckernachwachsrate = 0.5  
Aktive Suche nach Partner  
Kein Vorteile für Reiche  
Zufallsalter für die 1. Generation

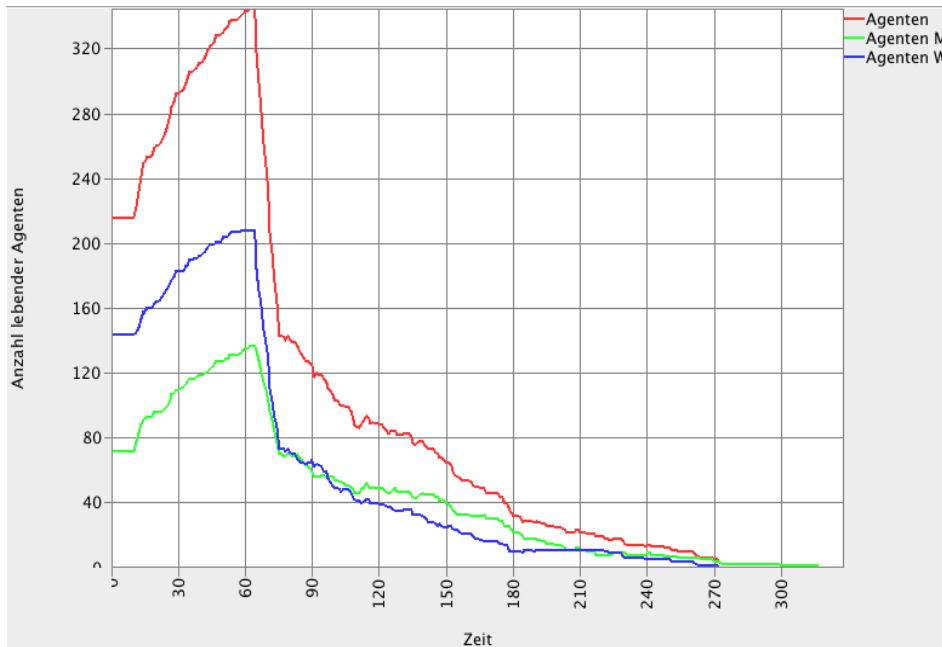
# Aufgabe 1.1: Anfangsalter (4)

Bei mehreren Simulationen hat sich ergeben, dass sich die Population, wenn das Anfangsalter unterschiedlich ist, langsamer einem bestimmten Wertebereich annähert, sich dann jedoch nahezu identisch entwickelt und sich keine gravierenden Unterschiede finden lassen.

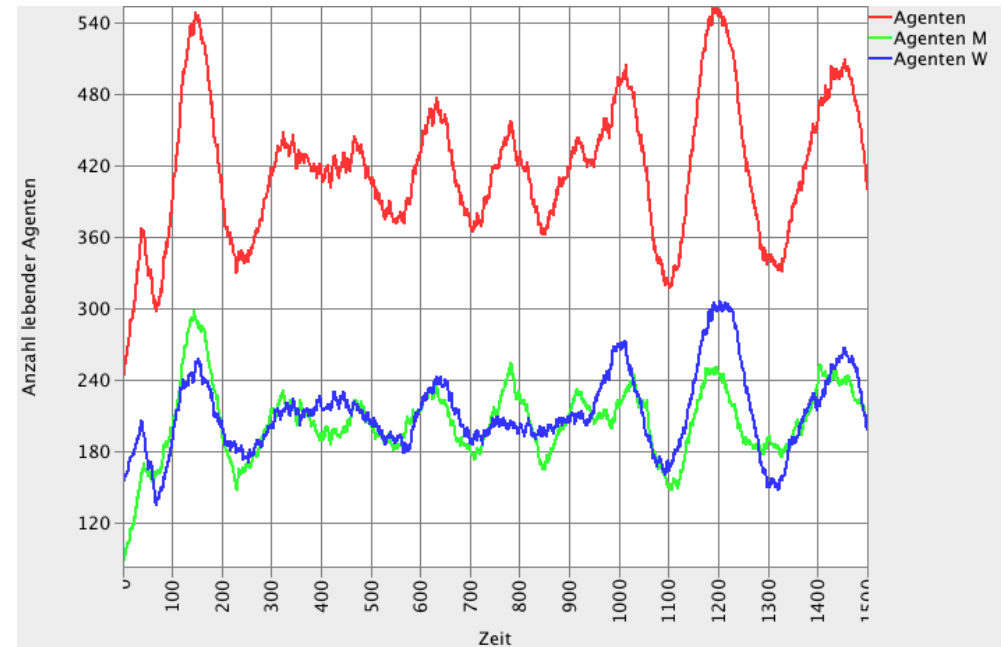
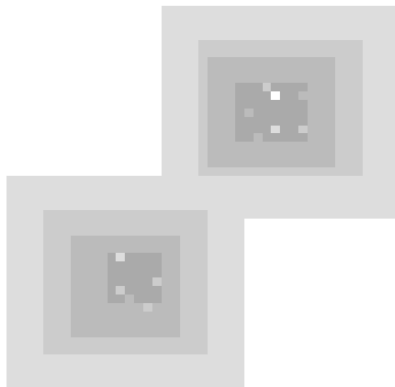
# Aufgabe 1.2: Aktive Suche nach einem Partner (1)

Tauchen die Oszillationen bei Veränderung der Parameter der sexuellen Reproduktion noch auf, wenn Agenten aktiv nach einem Partner suchen, sobald sie fruchtbar sind (anstatt sich nur bei zufälligen Begegnungen zu reproduzieren)?

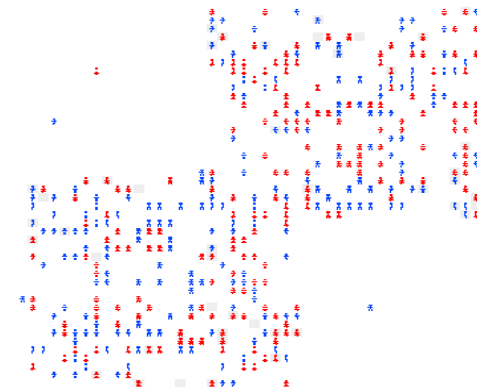
# Aufgabe 1.2: Aktive Suche nach einem Partner (2.1)



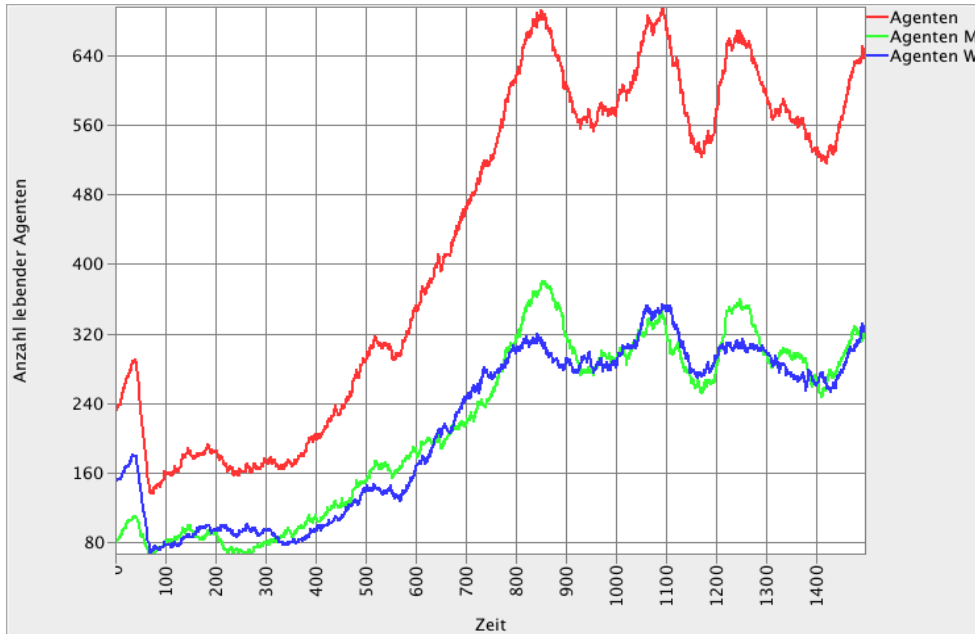
Zuckernachwachstsrte = 0.3  
 Keine aktive Suche nach Partner  
 Kein Vorteile für Reiche  
 Kein Zufallsalter für die 1. Generation



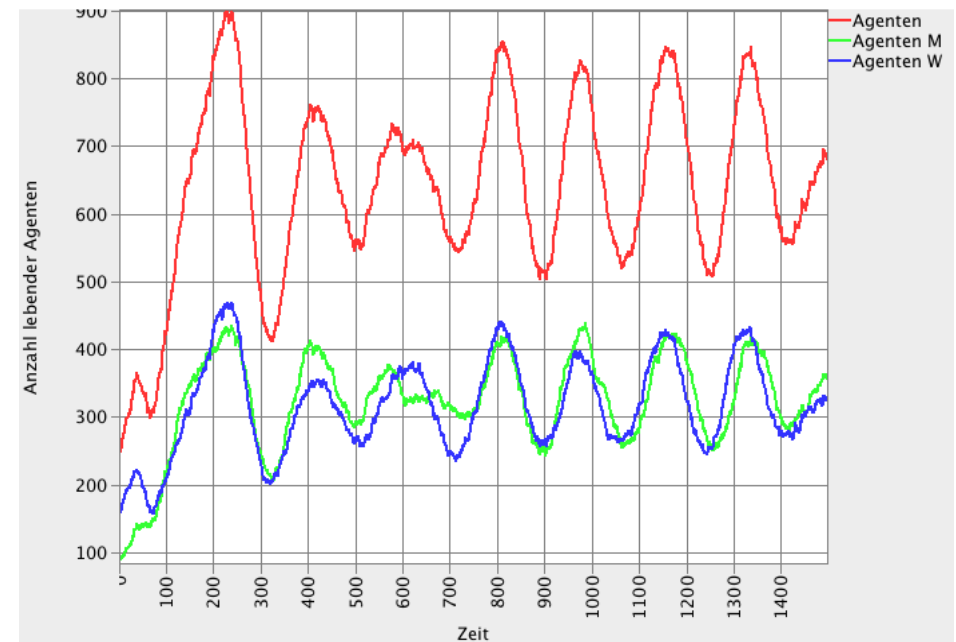
Zuckernachwachstsrte = 0.3  
 Aktive Suche nach Partner  
 Kein Vorteile für Reiche  
 Kein Zufallsalter für die 1. Generation



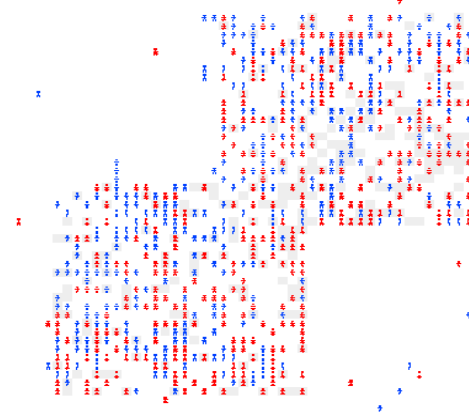
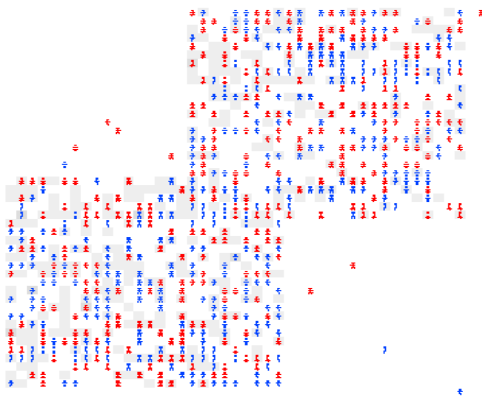
# Aufgabe 1.2: Aktive Suche nach einem Partner (2.2)



Zuckernachwachsrate = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Zufallsalter für die 1. Generation



Zuckernachwachsrate = 0.5  
Aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Zufallsalter für die 1. Generation



# Aufgabe 1.2: Aktive Suche nach einem Partner (3)

Es ist zu sehen,

- dass die Population bei einer geringeren Zuckernachwuchsrate auf die aktive Partnersuche angewiesen ist und
- dass die Schwankungen deutlich größer sind, als wenn sich die Agenten nur zufällig reproduzieren und
- dass die Oszillationen trotzdem noch auftauchen, sogar noch größer wurden

These:

Die Oszillationen wurden größer, da sich die Agenten nun willentlich einen Partner suchen, um sich zu vermehren.

Dadurch steigt zu Beginn der Vermehrung die Populationsdichte rapide an, was zur Folge hat, dass eine Überbevölkerung entsteht und nicht mehr genug Zucker zur Verfügung steht. Das Absterben beginnt, der Zucker wächst nach und alles fängt wieder von vorne an.

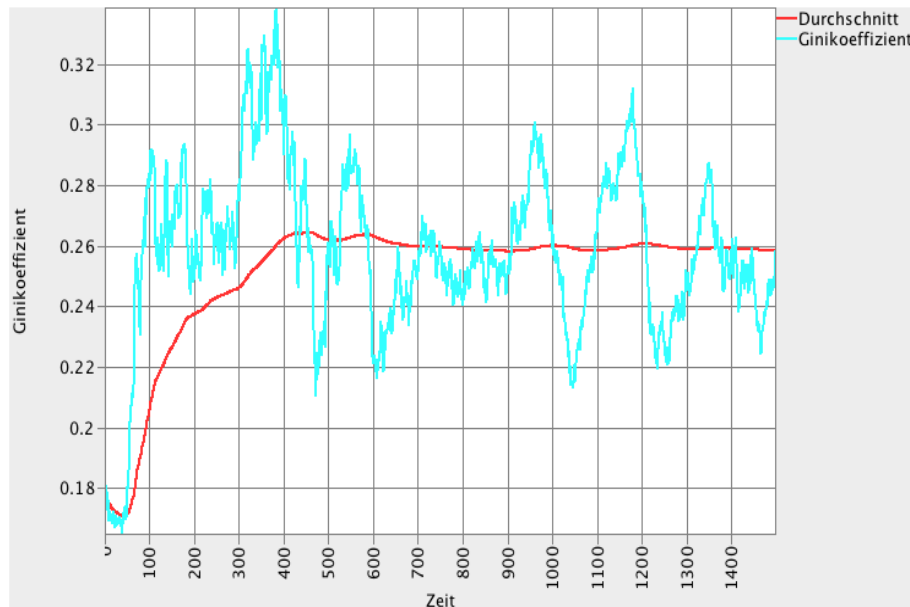
# Aufgabe 2: Vererbung (1)

- Welchen Effekt (messbar z.B. über Gini-Koeffizient) hat es auf die Ungleichheit, wenn die Eigenschaften des Nachwuchses (z.B. Metabolismus, Vision) vom

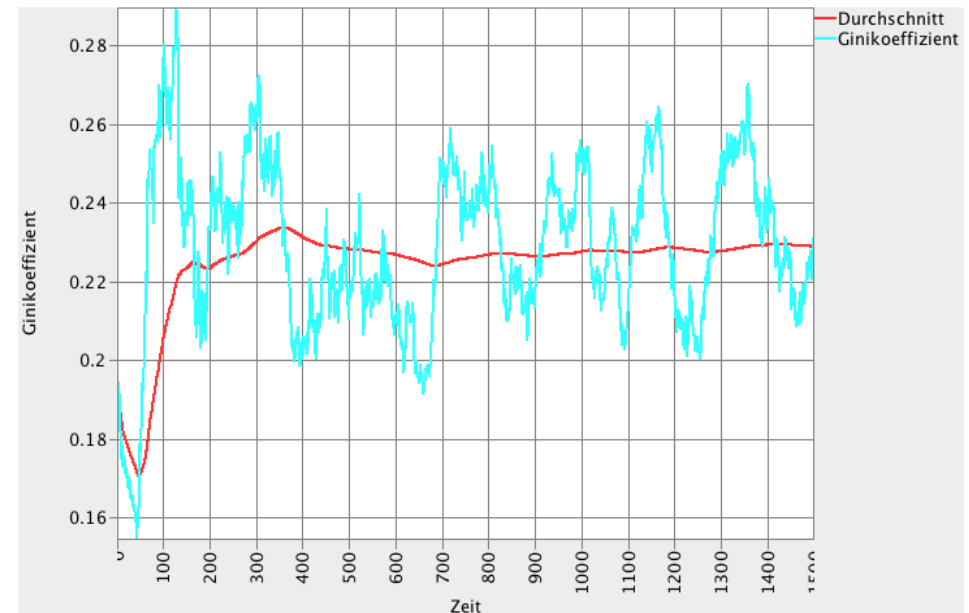
Anmerkungen:

- Untersuchung, wie sich Vererbung auf das System auswirkt
- Es besteht die Möglichkeit, dass Nachkommen wohlhabenderer Agenten (im Verhältnis zu den übrigen Agenten) mit Vorzügen ausgestattet werden
  - Konkret in der Implementation werden Metabolismus und Sichtfeld bei Agenten mit reichen Eltern erhöht

# Aufgabe 2: Vererbung (2): Gini-Koeffizient



Zuckernachwachsrates = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Kein Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation

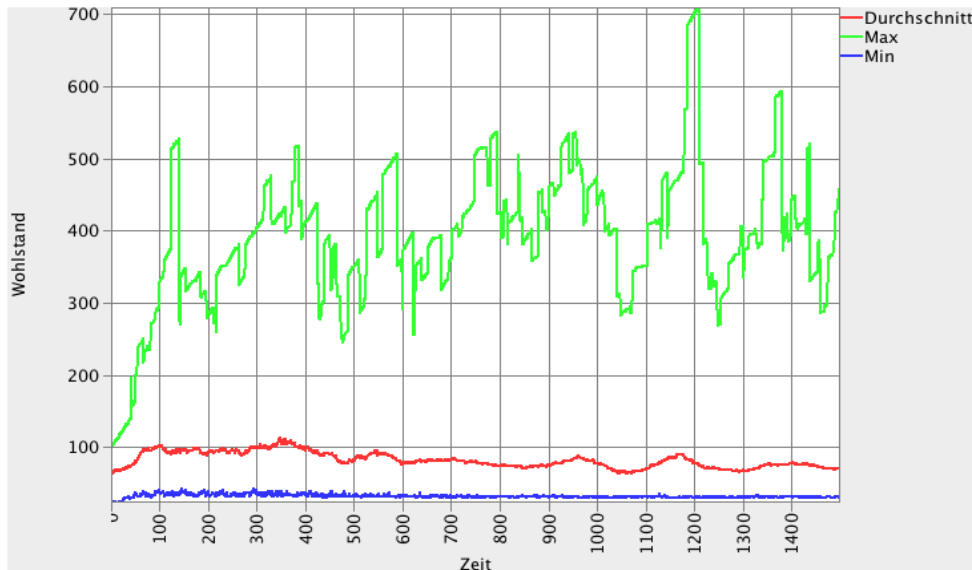


Zuckernachwachsrates = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation

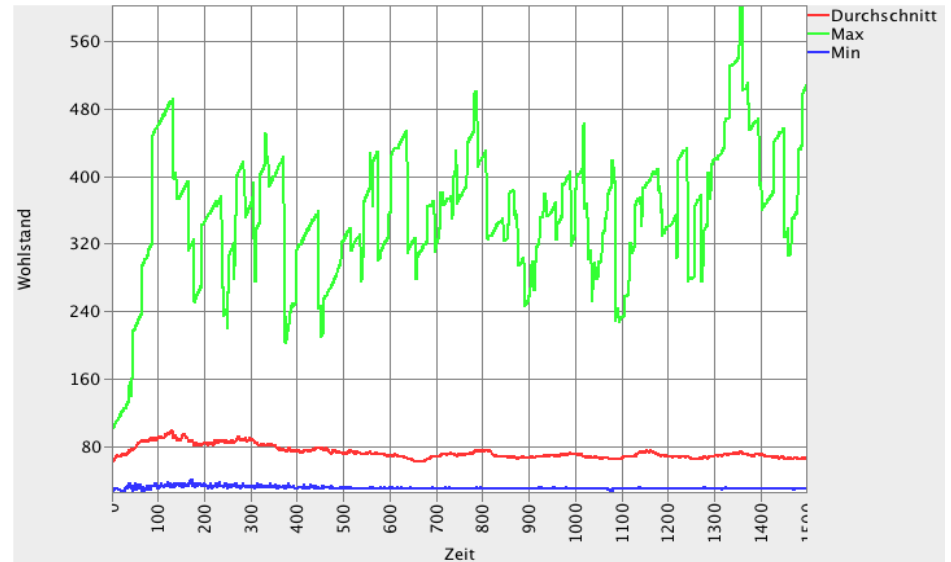
Es zeigt sich, dass die Ungleichverteilung größer ist, wenn keine Vererbung stattfindet (siehe linkes Bild). Es war jedoch zu beobachten, dass sich die Kurve gleichmäßiger dem Durchschnitt nähert, wenn sich die Agenten in ihren Fähigkeiten unterscheiden.



# Aufgabe 2: Vererbung (3): Vermögen



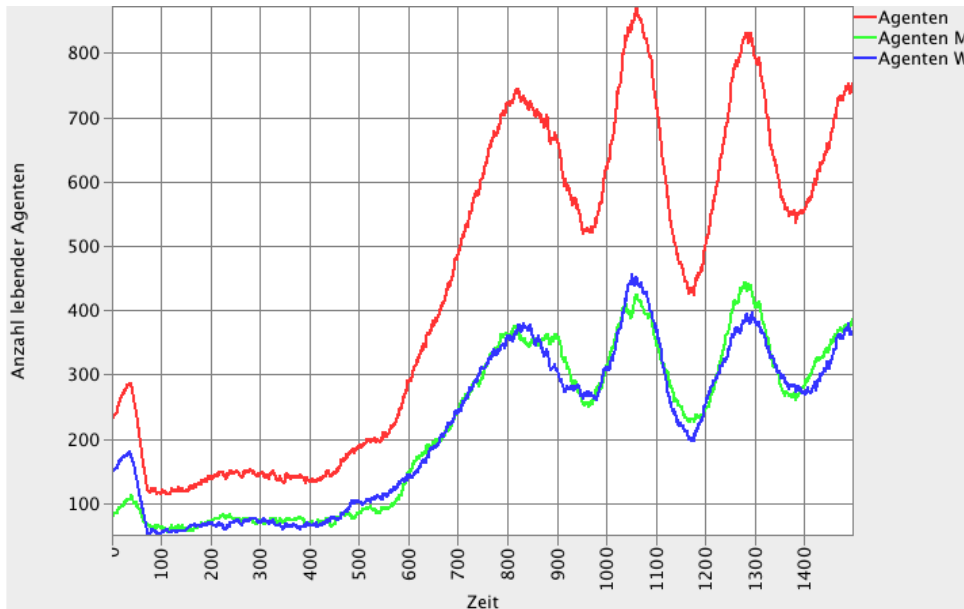
Zuckernachwachstsrte = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Kein Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation



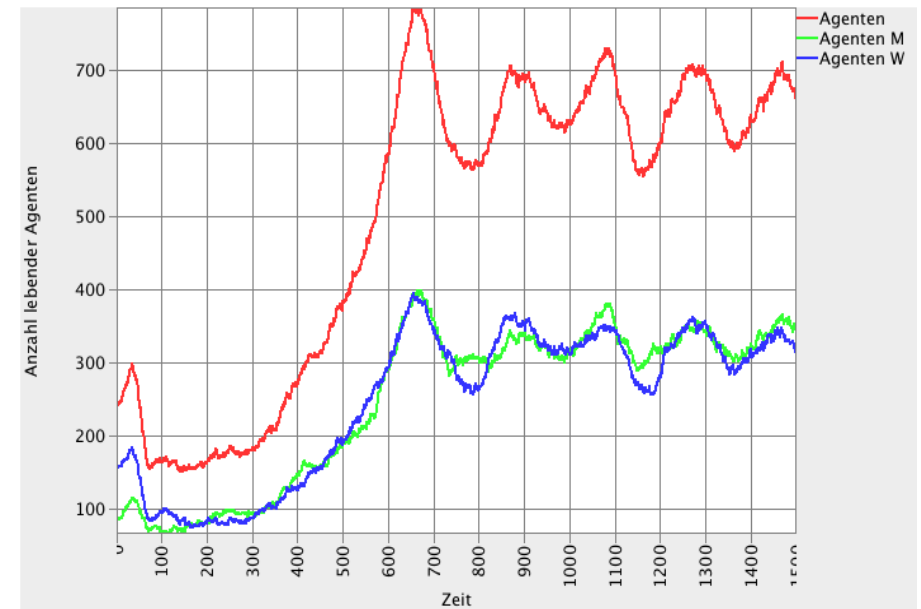
Zuckernachwachstsrte = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation

Es zeigt sich, dass - wie erwartet - das durchschnittliche Vermögen höher liegt, wenn keine Vererbung stattfindet. Jedoch liegt das Vermögen des reichsten Agenten, wenn vererbt wird, unter dem Vermögen des reichsten Agenten, wenn nicht vererbt wird.

# Aufgabe 2: Vererbung (4): Population



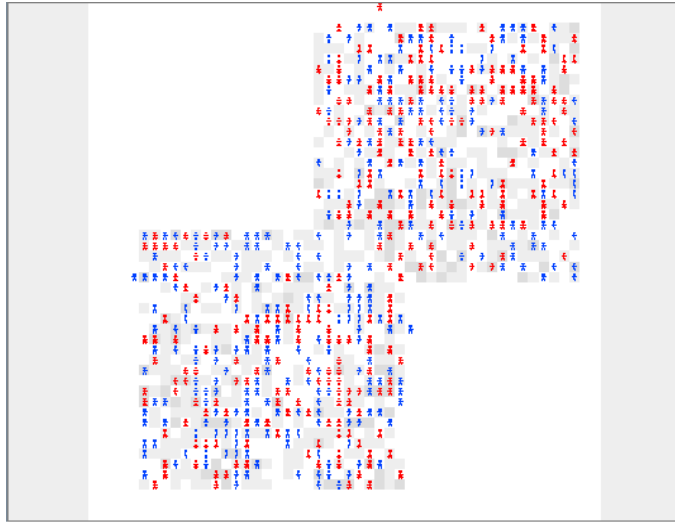
Zuckernachwachsrates = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Kein Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation



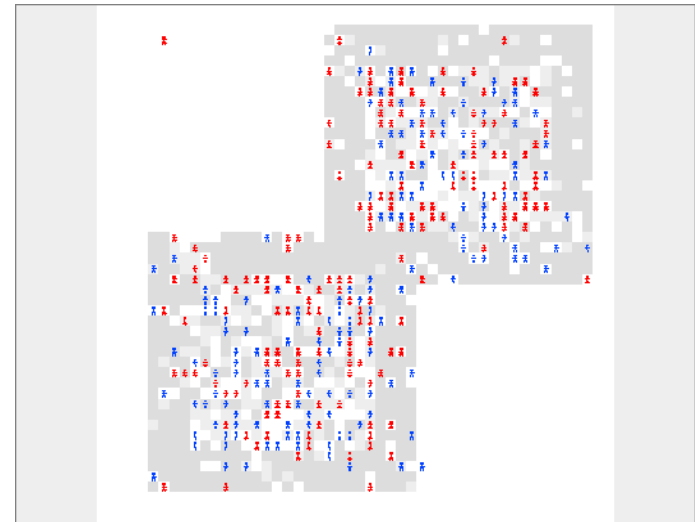
Zuckernachwachsrates = 0.5  
Keine aktive Suche nach Partner  
Vorteile für Reiche  
Kein Zufallsalter für die 1. Generation

Allerdings sind die Schwankungen der Populationsdichte niedriger, wenn Vererbung stattfindet.

# Aufgabe 2: Vererbung (5): Verteilung der Agenten auf dem Grid



Ohne Vererbung



Mit Vererbung

Es zeigt sich, dass sich die Agenten um die Zentren mit der höchsten Zuckerkonzentration sammeln.

These:

Die Ungleichverteilung des Zuckers unter den Agenten wird von der evolutionären Komponente abgeschwächt. Nur diejenigen mit guten Eigenschaften überleben, und um dies zu gewährleisten, spielen die Umweltbedingungen eine größere Rolle. Durch die geringe Population ist es für den Einzelnen leichter, den Zuckervorrat konstant hoch zu halten.

# Beispiele

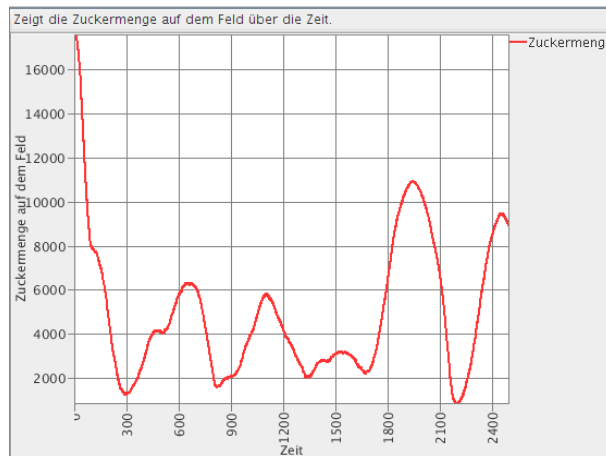
# Beispiel: Lebenserwartung (1)

In diesem Beispiel wird untersucht, wie sich die natürliche Lebenserwartung der Agenten relativ zur sexuell aktiven Phase auf das System auswirkt.

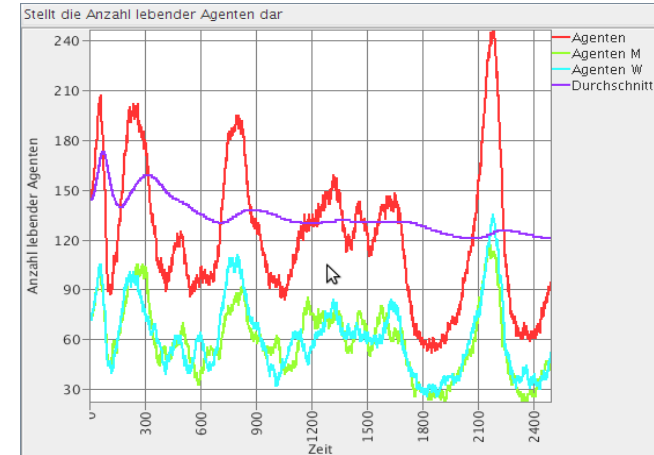
# Beispiel: Lebenserwartung (2)

Bei diesem Beispiel wurden zunächst Parameterwerte gewählt, die (soweit die Zufallskomponente dies zulässt) ein stabiles Systemverhalten zur Folge haben.

(1)



(2)



(3)

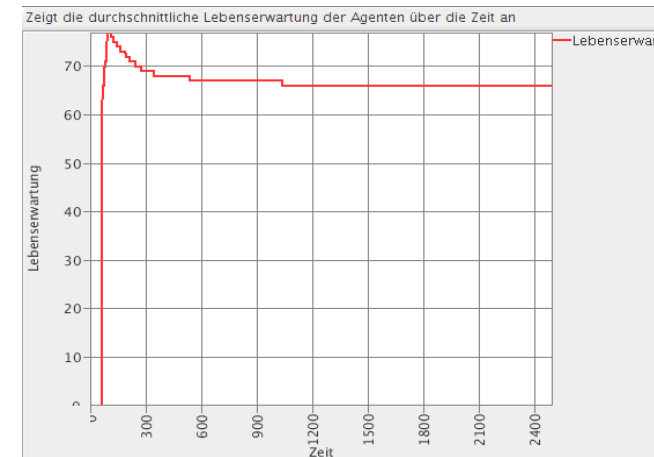
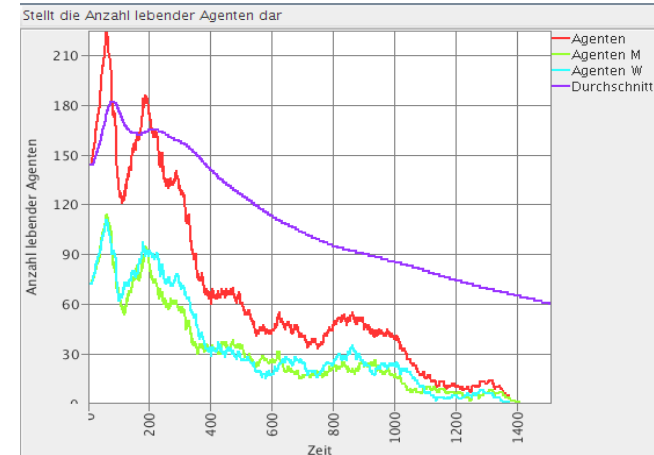


Diagramme: Population (2), Zuckermenge auf dem Feld (1), durchschnittliche Lebenserwartung (3)

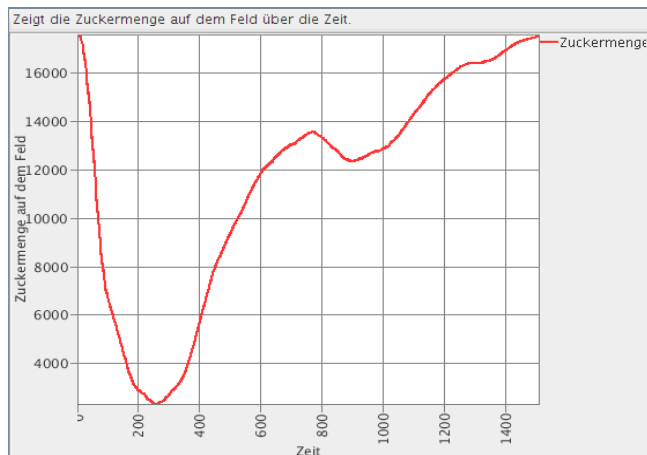
# Beispiel: Lebenserwartung (3)

Wird die Lebenserwartung erhöht (hier um weitere 1,5%), stirbt die Population innerhalb kürzester Zeit aus.

(2)



(1)



(3)

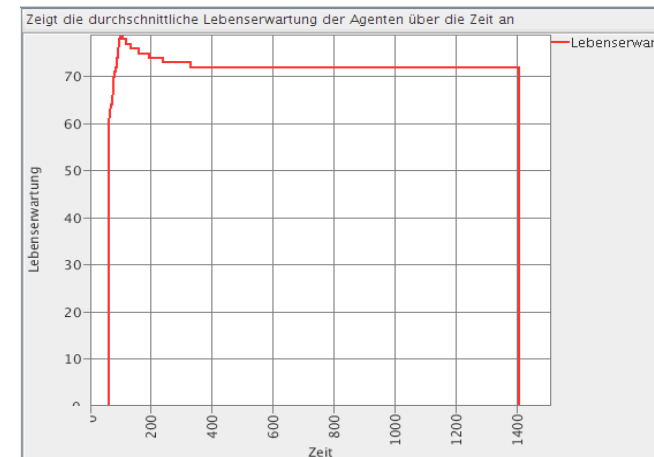
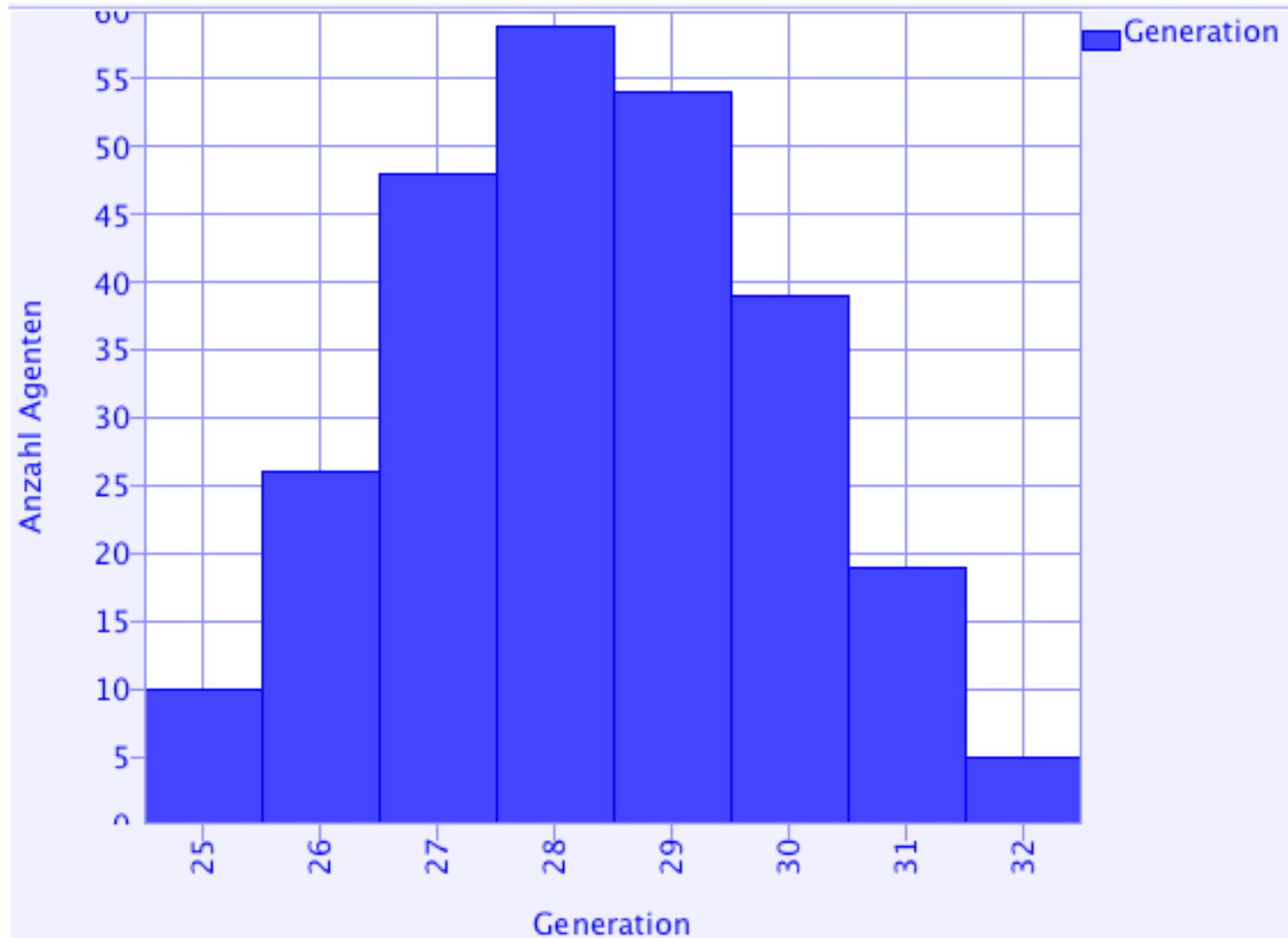


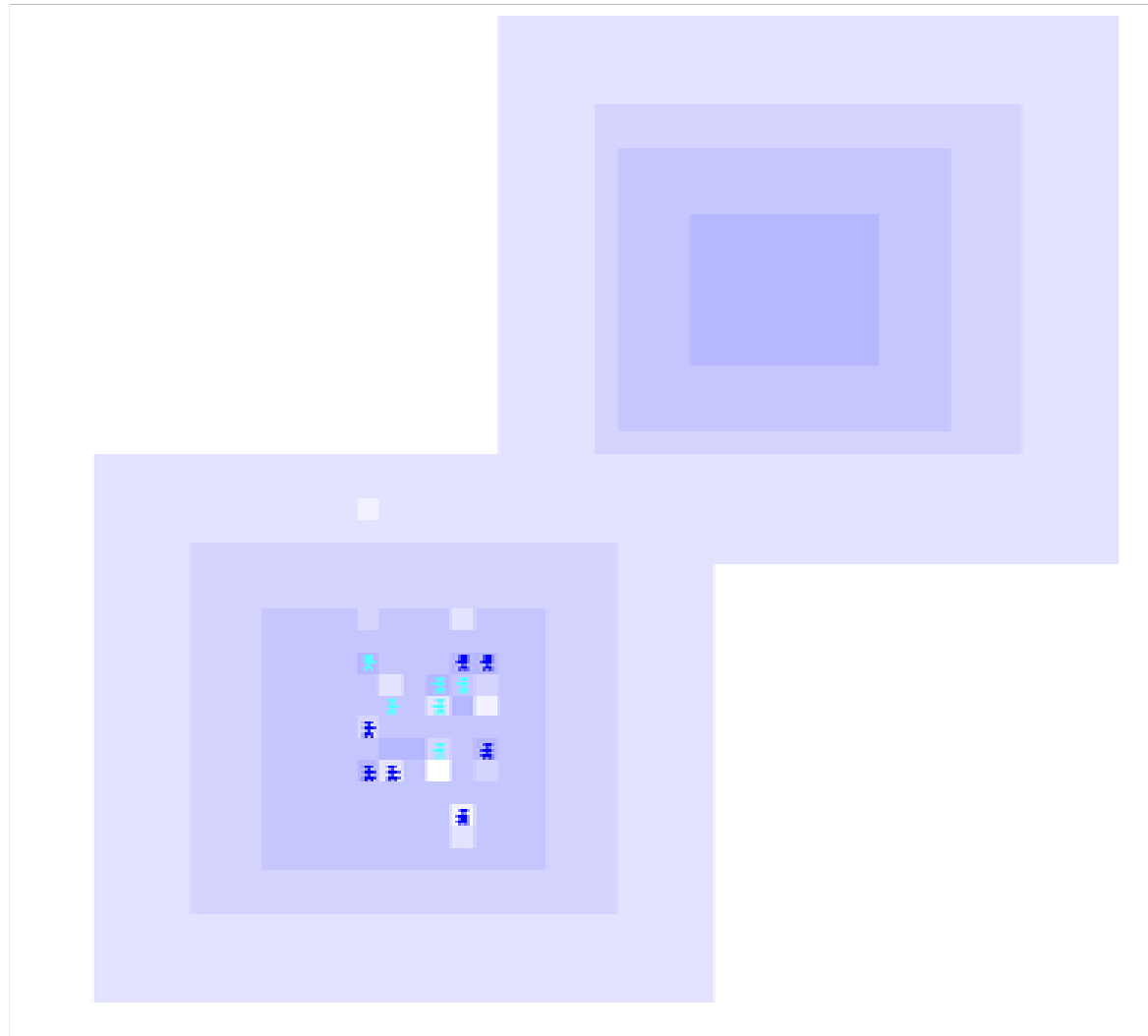
Diagramme: Population (2), Zuckermenge auf dem Feld (1), durchschnittliche Lebenserwartung (3)

# Beispiel: Das Auf und Ab der Generationen





# Beispiel: Entstehung und Ausbreitung



Slides Ende