

# Agentenbasierte Simulation der Entstehung von Eigentumsnormen

Felix Flentge / Thomas Uthmann

## Abstract

Die Entstehung und die Auswirkungen von Eigentumsnormen in einer künstlichen Gesellschaft werden simuliert. Die Norm entsteht dabei als emergente Eigenschaft der Gesellschaft aus dem lokalen Verhalten einzelner Agenten. Soziale Normen und ihre Ausbreitung werden in Zusammenhang mit dem Konzept der Meme von Dawkins betrachtet. Die Rolle von Sanktionen und deren Kosten bei der Durchsetzung von Normen werden untersucht.

## 1 Einleitung

Die ALife-Forschung versucht, fundamentale Eigenschaften lebender Systeme zu simulieren und nachzubilden. Menschliche soziale Systeme stellen dabei aufgrund ihrer hohen Komplexität eine besondere Herausforderung dar. Durch die Simulation qualitativer Eigenschaften solcher Systeme können sozialwissenschaftliche Modelle und Theorien getestet und verbessert werden. Gerade Techniken zur individuenbasierten Simulation bieten hier Vorteile gegenüber herkömmlichen Ansätzen, da jeder einzelne Akteur als Einheit simuliert werden kann und sich das Verhalten des Gesamtsystems aus der lokalen Interaktion der einzelnen Akteure ergibt.

Andererseits gibt es bei der Konstruktion von Multiagentensystemen das Bemühen, sich an sozialen Vorbildern zu orientieren und sozialwissenschaftliche Modelle und Theorien für sich fruchtbar zu machen. Man erhofft sich davon Anregungen zur Lösung von Problemen der Koordination und Kommunikation, die in solchen Systemen auftreten. Natürlichen Systemen gelingt es, diese Probleme außerordentlich effizient zu lösen und sie erweisen sich oft als äußerst robust gegenüber Umwelteinwirkungen.

Ein wesentlicher Bestandteil menschlicher sozialer Systeme sind soziale Normen. Sie haben vielfältige Funktionen, z.B. die Steuerung von Kooperation und die Verminderung von Aggression. Die vielleicht wichtigste Funktion von Normen besteht darin, daß sie individuelles Verhalten voraussagbar machen. Indem sie ein bestimmtes Verhalten in einer bestimmten Situation vorschreiben, ermöglichen sie es anderen Individuen, sich darauf einzustellen und im Hinblick auf das erwartete Verhalten zu handeln. Normen tragen also ganz erheblich dazu bei, die Komplexität sozialer Situationen zu reduzieren. Da Normen über die konkrete Situation hinaus Geltung haben, ermöglichen sie ein koordiniertes Verhalten ohne langwierige Abstimmungsprozesse. Diese Wirkungen von Normen machen es auch für die

Informatik interessant, sich mit ihnen zu beschäftigen. Insbesondere bei der Entwicklung von Multiagentensystemen könnten Normen eine wichtige Rolle spielen, indem sie dabei helfen, Kooperation und Koordination zwischen einzelnen Agenten zu verbessern.

Unser Ziel ist es, die Entstehung von Normen und die Auswirkungen dieser Normen zu simulieren. Die Normen sollen sich als emergente Eigenschaft eines Multiagentensystems ergeben, in dem die Agenten die Möglichkeit haben sollen, eine bestimmte Norm zu befolgen und abweichendes Verhalten zu bestrafen. Betrachtet man die bisherigen Ansätze zur Simulation von Normen, so stellt man fest, daß diese im wesentlichen zwei unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Bei einem Teil der Simulationen besteht die Möglichkeit, daß eine bestimmte Norm entsteht oder nicht (Axelrod 1986, Coleman 1986/87). Bei den anderen Simulationen ist eine Norm fest vorgegeben und es werden lediglich die Auswirkungen dieser Norm betrachtet (Conte/Castelfranchi 1995, Saam/Haarer 1999). Dabei wird ein normatives Verhalten anderen Verhaltenstypen gegenübergestellt und die Auswirkungen dieser unterschiedlichen Verhaltenstypen werden verglichen.

In unserem Ansatz sollen beide Ansätze kombiniert werden: Es soll offen sein, ob eine Norm entsteht oder nicht und die Auswirkungen dieser Norm sollen betrachtet werden. Im folgenden werden wir zunächst einen Zusammenhang zwischen Normen und dem Konzept der Meme von Dawkins (Dawkins 1996) herstellen. Dann werden wir unser Modell vorstellen, das eine Erweiterung des Sugarscape Modells von Epstein und Axtell (Epstein/Axtell 1996) darstellt. Anschließend werden wir unsere Ergebnisse präsentieren und zum Schluß einen Ausblick auf geplante Anschlußarbeiten geben.

## **2 Soziale Normen und Meme**

Normen lassen sich als allgemein geltende, mehr oder weniger verbindliche Verhaltensvorschriften auffassen, deren Nichtbeachtung durch Sanktionen bestraft wird. Normen entstehen oft ungeplant aus Verhaltensregelmäßigkeiten und werden erst im nachhinein von Institutionen gesetzt. Die ungeplante Entstehung von Normen läßt sich mit dem Konzept der Meme von Dawkins verbinden (Dawkins 1996). Dawkins regt an, die Evolutionstheorie auch auf kulturelle Überlieferung anzuwenden. Die Bruchstücke dieser Überlieferung, die den Genen entsprechen, bezeichnet er als Meme. Meme sind also kulturelle Merkmale. Sie verbreiten sich von Gehirn zu Gehirn durch Imitation. So werden beispielsweise Verhaltensweisen nachgeahmt oder Ideen übernommen. Einige Meme können sich erfolgreicher weiterverbreiten als andere und setzen sich mit der Zeit durch. Viele Meme werden auch in der Erziehung weitergegeben. Kinder lernen eine Vielzahl von Verhaltensweisen von ihren Eltern. Genetische und 'memetische' Vererbung gehen oft Hand in Hand. Der große Unterschied freilich ist, daß sich die Meme im Laufe des Lebens ständig ändern können, die Gene jedoch nicht. Auch Normen lassen sich als

---

Meme auffassen. Sie können sich von Individuum zu Individuum verbreiten und sind jeweils mit bestimmten Verhaltensweisen verknüpft. Ein Individuum befolgt eine Norm, wenn es Träger eines entsprechenden Mems ist.

### **3 Das Modell**

Bei der simulierten Norm handelt es sich um eine Eigentumsnorm. Darunter werden vorgeschriebene Verhaltensweisen verstanden, die sich auf den Erwerb, den Besitz und vor allem die Beachtung von Eigentum beziehen. In unserem Modell soll es einzelnen Agenten ermöglicht werden, Eigentumsnormen zu entwickeln. Die Norm soll sich auf den Besitz eines bestimmten Gutes (Land) beziehen, das ein anderes, für die Agenten lebensnotwendiges Gut (Nahrung) hervorbringt. Eigentumsnormen sind dann entstanden, wenn sich eine Vielzahl von Agenten entsprechend verhält und Abweichungen von diesem Verhalten sanktioniert werden. Eigentum besteht nicht an sich, sondern nur, wenn sich genügend Individuen entsprechend verhalten und Eigentum respektieren. Als Grundlage für die Simulation wird das Sugarscape Modell von Axtell und Epstein verwendet (Epstein/Axtell 1996), weil es eine Landschaft beinhaltet, die Nahrung hervorbringt (nämlich Zucker) und es sich so erweitern läßt, daß die Entstehung von Normen simuliert werden kann.

#### **3.1 Das Sugarscape Modell von Epstein und Axtell**

Das Sugarscape Modell besteht aus einer Landschaft, die Zucker zur Verfügung stellt, und Agenten, die sich von diesem Zucker ernähren und sich in der Landschaft bewegen können. Die Landschaft besteht aus einem 50x50 Gitter von einzelnen Zellen und bildet einen Torus.

Für die Agenten und die Zellen der Landschaft gibt es verschiedene Regeln, die die Interaktion zwischen Agenten untereinander und zwischen Agenten und einzelnen Zellen beschreiben. Diese Regeln können einzeln an- und ausgeschaltet werden und gelten jeweils für die gesamten Agenten, bzw. Zellen. Jeder Agent wird einmal pro Simulationsschritt in zufälliger Reihenfolge aktiviert und führt die für ihn geltenden Regeln aus. Anschließend werden die Regeln für die Zellen ausgeführt. Die von uns verwendeten Eigenschaften und Regeln werden im folgenden vorgestellt. Abbildung 1 zeigt die Reihenfolge der Regeln in einem Simulationsschritt.

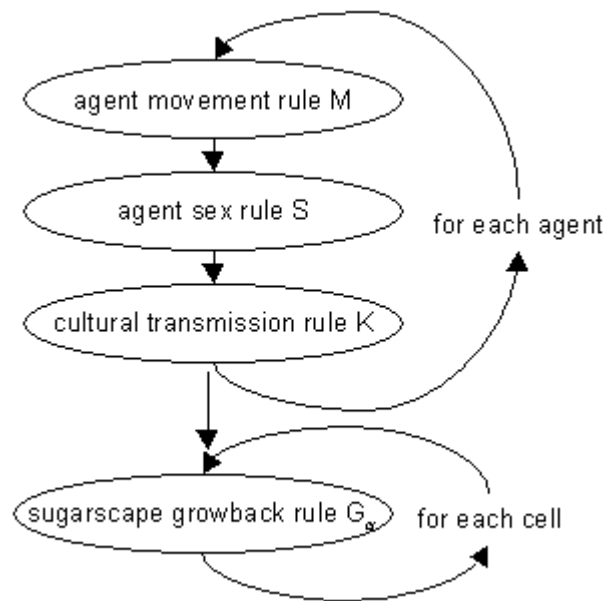


Abbildung 1: Ablauf während eines Simulationsschrittes

Jede Zelle hat eine maximale Zuckerkapazität, die von null bis vier reicht. Die Zuckerkapazitäten der einzelnen Zellen sind dabei so, daß eine Landschaft mit zwei Zentren mit einer Kapazität von vier entsteht, um die herum der Zuckergehalt der Zellen langsam abnimmt (siehe Abbildung 2).

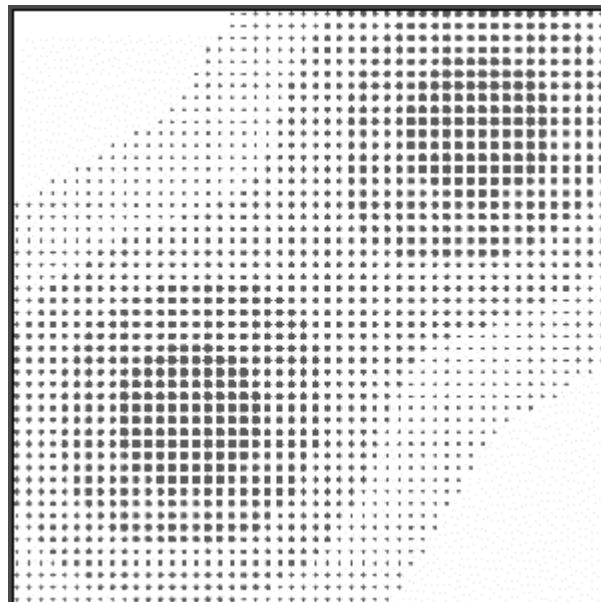


Abbildung 2: Die Sugarscape Landschaft. Die Größe der Kreise ist proportional zur Zuckerkapazität der Zellen.

Für die Zellen der Landschaft gilt die '*Sugarscape growback rule*  $G_\alpha$ ':

- In jedem Simulationsschritt wächst der Zuckergehalt der Zelle um  $\alpha$  bis zur maximalen Zuckerkapazität an.  $\alpha$  nimmt nur ganzzahlige Werte an.

Die Agenten besitzen eine bestimmte Verdauungsrate. Diese nimmt nur ganzzahlige Werte an und gibt die Anzahl der Zuckerstücke an, die ein Agent pro Simulationsschritt von seinem Zuckerreichtum abgezogen bekommt. Agenten haben außerdem eine bestimmte Sichtweite, die angibt, wie weit ein Agent in die vier Hauptrichtungen schauen kann. Agenten können nicht diagonal sehen. Diese Werte werden bei der Geburt eines Agenten aus einem frei wählbaren Intervall festgelegt. Ein Agent kann sich, wenn er an der Reihe ist, auf ein beliebiges Feld innerhalb seiner Sichtweite bewegen und dort den gesamten Zucker einsammeln. Anschließend wird die Verdauungsrate von seinem Zuckerreichtum abgezogen. Agenten sterben, wenn sie keinen Zucker mehr besitzen oder wenn sie ein bestimmtes Maximalalter, das bei ihrer Geburt zufällig aus einem Intervall bestimmt wird, erreicht haben. Sie führen die '*Agent Movement Rule*  $M$ ' aus:

- suche die unbesetzte Zelle innerhalb deiner Sicht, die den meisten Zucker beinhaltet
- falls es mehrere solche Zellen gibt, wähle die, die am nächsten ist
- gehe zu dieser Zelle
- sammle dort den gesamten Zucker ein

Interaktionen zwischen Agenten finden immer nur zwischen direkten Nachbarn in den vier Hauptrichtungen statt. Agenten können sich fortpflanzen. Es gibt männliche und weibliche Agenten. Das Geschlecht wird bei der Geburt eines Agenten mit einer Wahrscheinlichkeit von jeweils  $1/2$  zufällig bestimmt. Ein Agent ist fruchtbar, wenn er in einem bestimmten Alter ist und mindestens so viel Zucker besitzt, wie bei seiner Geburt. Das Alter, in dem die Fruchtbarkeit beginnt bzw. endet, wird für die Agenten der ersten Generation jeweils zufällig aus einem Intervall bestimmt. Dieses Intervall kann für die beiden Geschlechter unterschiedlich sein. Bei den folgenden Agentengenerationen wird der Beginn bzw. das Ende der Fruchtbarkeit von dem Elternteil übernommen, das dasselbe Geschlecht wie der neue Agent hat<sup>1</sup>. Wenn Agenten fruchtbar sind, führen sie die '*Agent sex rule*  $S$ ' aus:

- suche zufällig einen Nachbarn aus
- falls dieser Nachbar fruchtbar ist, das andere Geschlecht hat und zumindest einer der beiden Agenten ein freies Nachbarfeld hat, wird ein neuer Agent auf dieses Feld gesetzt
- wiederhole die Regel für alle Nachbarn

Dieser Agent erbt Verdauungsrate und Sichtweite jeweils mit einer Wahrscheinlichkeit von  $1/2$  entweder von dem einen oder von dem anderen

---

<sup>1</sup> Das ist die Regelung bei den hier beschriebenen Simulationen. Aus dem Text des Buches geht leider nicht genau hervor, wie dieser Punkt bei Epstein und Axtell behandelt wird.

Elternteil. Von jedem Elternteil erhält er die Hälfte des Zuckerreichtums, den der jeweilige Elternteil bei der eigenen Geburt besaß. Wenn ein Agent reich genug ist, kann er auch mehrere Nachkommen pro Simulationsschritt bekommen.

### 3.2 'cultural tags' und Meme

Jeder Agent besitzt mehrere '*cultural tags*', die jeweils einen von zwei Werten annehmen können. Alle Agenten haben gleich.viele tags. Die tags repräsentieren die kulturellen Attribute eines Agenten. Epstein und Axtell benutzen diese tags, um zwischen kulturell unterschiedlichen Gruppen von Agenten zu unterscheiden. Nach der Bewegung führt jeder Agent die '*Cultural transmission rule K<sup>2</sup>*' aus:

- für jeden Nachbarn wird zufällig eines seiner tags ausgewählt
- falls dieses tag gleich dem tag des Agenten an derselben Stelle ist, passiert nichts, ansonsten wird das tag des Nachbarn an das des Agenten angepaßt

Epstein und Axtell führen in ihrem Buch eine zweite Ressource ein und untersuchen Handel unter den Agenten. Die tags bestimmen, welche Ressource die Agenten bevorzugen und haben so einen gewissen Einfluß auf das Verhalten der Agenten. Im erweiterten Modell werden diese tags eine wesentliche Rolle spielen und das Verhalten der Agenten sehr direkt beeinflussen. Tags stehen dann nicht mehr für irgendwelche kulturellen Attribute, sondern für ganz konkrete Verhaltensweisen. Deswegen werden diese tags im folgenden als Meme bezeichnet. Regel K beschreibt die Verbreitung dieser Meme mittels Imitation. Meme werden von den Eltern an ihre Kinder vererbt und simulieren somit den Einfluß der Eltern auf ihre Kinder in der Erziehung.

### 3.3 Erweiterung des Modells

Um die Entstehung und die Auswirkungen von Eigentumsnormen zu untersuchen, muß das vorgestellte Modell erweitert und zum Teil modifiziert werden. Den Agenten soll die Möglichkeit gegeben werden, Eigentum an Land zu erwerben. Zu diesem Zweck können Agenten Zellen markieren. Agenten können nur Zellen markieren, auf denen sie sich befinden und die nicht bereits markiert wurden. Andere Agenten können diese Markierungen sehen, wenn sich die betreffende Zelle innerhalb ihrer Sicht befindet. Stirbt ein Agent, so werden alle von ihm gesetzten Markierungen gelöscht.

Wenn ein Agent eine Zelle markiert, wird diese Zelle nicht automatisch zum Eigentum des Agenten. Dazu ist es notwendig, daß auch andere Agenten die Zelle als Eigentum des betreffenden Agenten ansehen und sich entsprechend verhalten. Hier kommen die Meme ins Spiel. Das erste Mem bestimmt das Verhalten des Agenten in Bezug auf Markierungen. Agenten, die dieses Mem besitzen, sammeln

---

<sup>2</sup> Mit K werden bei Epstein und Axtell eigentlich zwei Regeln zusammen bezeichnet. Da aber hier nur die '*Cultural transmission rule*' von Interesse ist, bezeichnet K im folgenden nur diese.

auf Feldern, die von einem anderen Agenten markiert wurden, keinen Zucker ein. Für Agenten, die dieses Mem besitzen, haben Felder, die anderen Agenten gehören, praktisch immer einen Zuckergehalt von null, sind für sie also uninteressant. Nur Agenten, die dieses Mem besitzen, setzen Markierungen.

Das zweite Mem ist für die Sanktionierung von Normverletzungen zuständig. Normverletzungen können nur von Agenten registriert werden, die das erste Mem besitzen und innerhalb deren Sicht die Übertretung stattgefunden hat. Wenn ein Agent das zweite Mem besitzt, sanktioniert er alle Normverletzungen, die er beobachtet. Normübertretungen werden dadurch sanktioniert, daß eine bestimmte Menge Zucker als Strafe vom Zuckerreichtum des Übertreters abgezogen wird. Derjenige, der sanktioniert, muß die Kosten für die Sanktionierung tragen und bekommt ebenfalls eine bestimmte Menge Zucker abgezogen.

Diese Erweiterungen machen eine Änderung der Bewegungsregel M notwendig, da sich die Agenten sonst zu selten fortpflanzen, weil sie keinen Anreiz haben, sich auf benachbarte Felder zu bewegen, da diese oft einem anderen Agenten gehören. Bei der '*Bewegungsregel MF*' versuchen fruchtbare Agenten zunächst, sich neben einen fruchtbaren Partner des anderen Geschlechts zu bewegen. Das Einsammeln von Zucker steht erst an zweiter Stelle:

- wenn du nicht fruchtbar bist, führe Bewegungsregel M aus
- suche alle freien Stellen innerhalb deiner Sicht, neben denen sich ein fruchtbarer Partner des anderen Geschlechts befindet
- wenn es keine solche Stelle gibt, führe Regel M aus, ansonsten gehe zu derjenigen Stelle, die den meisten Zucker bietet
- gibt es mehrere solche Stellen, so wähle die nächstgelegene
- sammle den gesamten Zucker ein

Neben der Kulturübertragungsregel K wird in den Simulationen auch eine alternative Kulturübertragungsregel K<sub>+</sub> verwendet. Diese funktioniert wie die Regel K, macht aber die Richtung der Anpassung der Meme aneinander vom Zuckerreichtum der Agenten abhängig. Der ärmere Agent paßt eines seiner Meme an das des reicheren Agenten an. Das erfolgreichere Verhalten wird also imitiert:

- für jeden Nachbarn wird zufällig eines seiner Meme ausgewählt
- falls das Mem gleich dem Mem des Agenten an derselben Stelle ist, passiert nichts, ansonsten wird das Mem des Agenten, der weniger Zucker besitzt, an das des Agenten, der mehr Zucker besitzt, angepaßt; besitzen beide Agenten gleich viel, so setzt sich das Mem des neu angekommenen Agenten durch

Statt der Originallandschaft wird im erweiterten Modell eine Landschaft verwendet, die aus der Originallandschaft dadurch hervorgeht, daß die Zuckerkapazität jeder einzelnen Zelle mit zehn multipliziert wird. Der Grund dafür ist, daß dann bei den Werten für die Verdauungsrate in Verbindung mit der Wachstumsregel  $G_{\alpha}$  größere Variationen möglich sind. Es soll verhindert werden, daß Agenten mit einer

Verdauungsrate von eins einfach dadurch Überleben, daß sie auf einer Zelle sitzenbleiben, wo ja in jeder Runde mindestens ein neues Stück Zucker nachwächst.

Eine weitere Änderung gegenüber dem Originalmodell betrifft das Alter der ersten Agentengeneration zu Beginn eines Laufes. Im Originalmodell starten alle Agenten mit einem Alter von null. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, am Anfang mit einem zufälligen Startalter zwischen null und dem jeweiligen Maximalalter zu beginnen, da sonst am Anfang der Simulation eine sehr unnatürliche Altersverteilung herrscht, die sich erst mit der Zeit normalisiert. Außerdem wird bei der Verdauungsrate und der Sichtweite mit festen Werten und nicht mit Intervallen gearbeitet. Das hat den Vorteil, daß die Effekte verschwinden, die aufgrund der evolutionären Anpassung an die minimale Verdauungsrate und die maximale Sichtweite entstehen und so die Ergebnisse leichter zu interpretieren sind. Diese Werte werden systematisch variiert und die Auswirkungen dieser Variationen werden untersucht.

## 4 Ergebnisse

Da das Modell sehr viele Möglichkeiten bietet, die Simulationsparameter zu verändern, ist es nicht möglich, alle Kombinationen zu testen. Deswegen wird ein Teil der Parameter fest gewählt und der andere systematisch innerhalb gewisser Grenzen verändert. Bei der Wahl der festen Parametern orientieren wir uns an den Werten, wie sie auch Epstein und Axtell für ihre Simulationen gewählt haben. So liegt der Geburtsreichtum eines Agenten zwischen 50 und 100, das maximale Alter zwischen 60 und 100. Anders als bei Epstein und Axtell ist aber das Geburtsalter der ersten Agentengeneration zu Beginn einer Simulation innerhalb dieses Intervalls gleichverteilt, was den Vorteil hat, daß von Anfang an eine gleichmäßige Altersverteilung herrscht. Die Fruchtbarkeit für Männer beginnt zwischen 12 und 15 und endet zwischen 50 und 60. Für Frauen beginnt die Fruchtbarkeit ebenfalls zwischen 12 und 15, ihr Ende jedoch schon zwischen 40 und 50.

Die Agenten besitzen elf Meme, von denen aber nur die beiden ersten eine Bedeutung haben können. Da bei Interaktionen unter den Agenten jeweils nur ein Mem betroffen ist, bedeutet dies, daß die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eines der ersten beiden Meme betroffen ist,  $1/11$  beträgt. Das erste Mem ist für die Eigentumsnorm zuständig, das zweite für die Sanktionierung von Normverletzungen.

Soweit nicht anders vermerkt, sind die Regeln MF, F,  $G_1$ , und K aktiv. Zu Beginn eines Laufes wurden jeweils 400 Agenten in die Landschaft gesetzt. Im Gegensatz zu Epstein und Axtell, bei denen es nur darum geht zu zeigen, daß bestimmte Effekte entstehen können und die deshalb immer nur einzelne Läufe betrachten, werden bei unseren Experimenten jeweils 100 Läufe mit 2000 Schritten durchgeführt. Verdauungsrate und Sichtweite werden jeweils in Zweierschritten von zwei bis zehn systematisch variiert. So ist es möglich die Durchsetzung und die Auswirkungen von Normen bei unterschiedlich günstigen Bedingungen für die Agenten zu untersuchen. Die verwendete Landschaft ist die zehnfache Originallandschaft.



#### 4.1 Auswirkungen von Eigentumsnormen

Zuerst soll geklärt werden, welche Auswirkungen die Eigentumsnorm "auf fremden Feldern keinen Zucker einsammeln" überhaupt hat. Dazu werden Läufe verglichen, in denen das erste Mem entweder bei allen oder bei keinem Agenten vorhanden ist. Der jeweilige Zustand bleibt dann während des gesamten Laufes bestehen, da Agenten bei ihrer Geburt ja die Meme von ihren Eltern übernehmen und Meme immer fehlerfrei übertragen werden. Das zweite Mem hat keine Bedeutung.

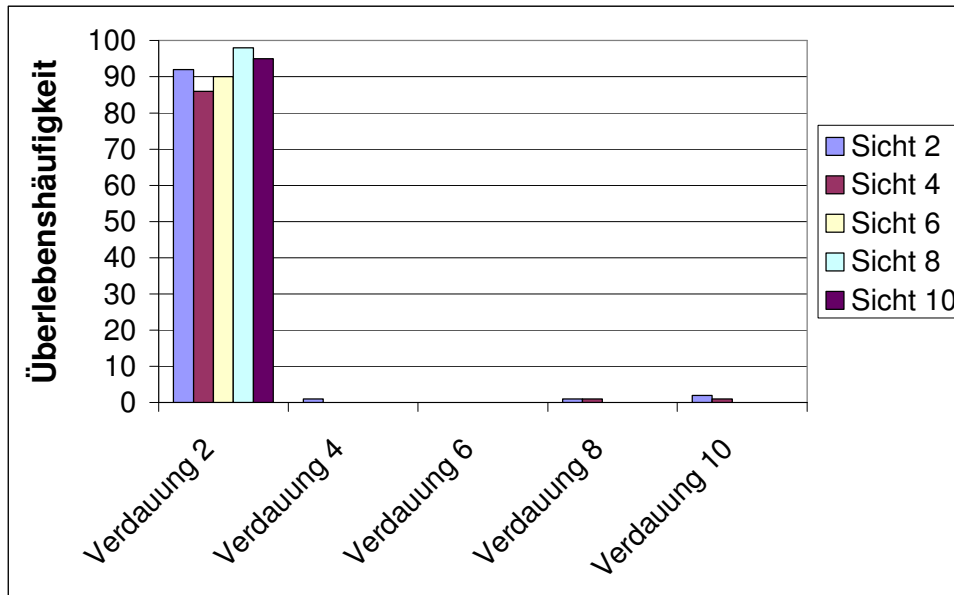


Abbildung 3: Überlebenshäufigkeit ohne Eigentumsnorm. Das Diagramm zeigt die Anzahl der Läufe, in denen die Agentenpopulation 2000 Schritte überlebt hat abhängig von verschiedenen Verdauungsraten und Sichtweiten.

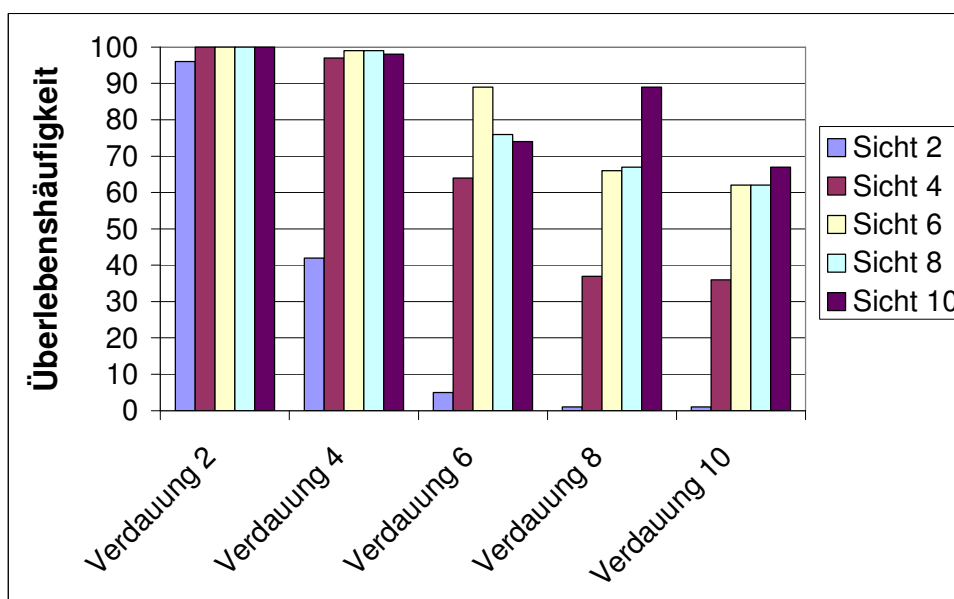


Abbildung 4: Überlebenshäufigkeit mit Eigentumsnorm

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Anzahl der Läufe, in denen Agenten die 2000 Schritte überlebt haben. In den anderen Läufen ist jeweils die gesamte Population ausgestorben. Agenten, die die Eigentumsnorm kennen, können also unter ungünstigen Bedingungen (hohe Verdauungsrate und geringe Sichtweite) sehr viel besser Überleben, als Agenten, die die Norm nicht kennen. Ohne Eigentumsnormen können die Agenten eigentlich nur bei einer Verdauungsrate von zwei Überleben. Die Sichtweite hat hierbei kaum Auswirkungen auf die Überlebenshäufigkeit. Das ist anders, wenn die Eigentumsnorm besteht. Bei hohen Verdauungsraten hat die Sichtweite große Auswirkungen auf die Überlebenshäufigkeit. Das liegt daran, daß es gerade bei bestehenden Eigentumsnormen wichtig ist, weit sehen zu können, da auf vielen Feldern kein Zucker eingesammelt werden kann, da diese anderen Agenten gehören.

Der Grund für das bessere Überleben mit Eigentumsnorm liegt darin, daß die Agenten bei vorhandener Eigentumsnorm in der Regel mehr Zucker pro Schritt einsammeln können. Wenn sie mehrere Felder besitzen, können sie abwarten, bis es sich wirklich lohnt, von den entsprechenden Feldern Zucker einzusammeln. So ist es für einen Agenten bei einer Verdauungsrate von zwei eigentlich ausreichend, wenn er zwei Felder besitzt. Er kann dann zwischen diesen beiden Feldern hin- und herpendeln und dort jeweils zwei Stücke Zucker einsammeln.

#### 4.2 Durchsetzungskraft von Eigentumsnormen

Da die Eigentumsnorm also eindeutig Vorteile für das Überleben der gesamten Agentenpopulation bietet, stellt sich nun die Frage, ob sich die Eigentumsnorm von selbst durchsetzen kann. Dazu bekommt zu Beginn die Hälfte der Agenten das Eigentumsmem.

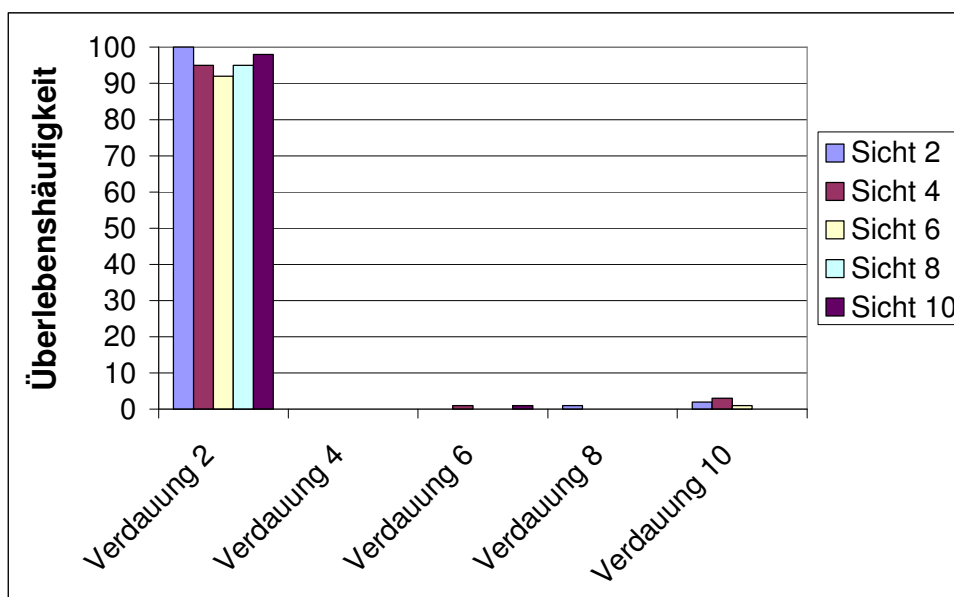


Abbildung 5: Überlebenshäufigkeit bei 50% Eigentumsmem

Wie Abbildung 5 zeigt, ist die Überlebenshäufigkeit in diesem Fall genauso schlecht wie ohne Eigentumsnorm (Abbildung 3). Wenn man sich die einzelnen Läufe genauer betrachtet, so stellt man fest, daß tatsächlich zunächst immer das Mem verschwindet und dann die Population ausstirbt. Der Grund für das Aussterben besteht also darin, daß sich die Eigentumsnorm nicht durchsetzen kann. Abbildung 6 zeigt das Aussterben der Bevölkerung in einem Lauf mit einer Verdauungsrate von vier und einer Sichtweite von sechs.

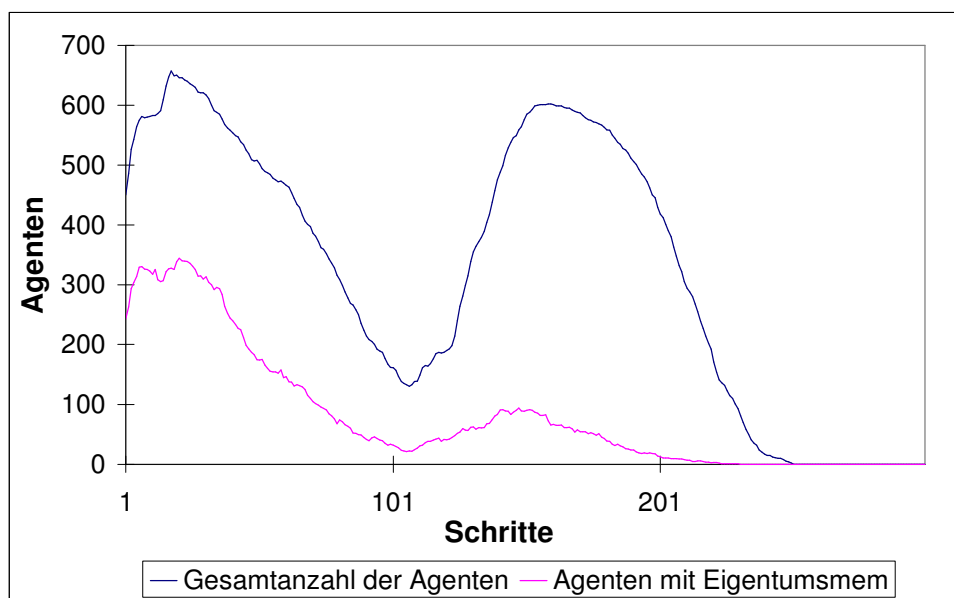


Abbildung 6: Bevölkerungsentwicklung und Verbreitung der Eigentumsnorm bei einer Verdauungsrate von vier und einer Sicht von sechs

Zunächst liegt der Anteil der Eigentumsnorm bei ca. 50% und das bleibt auch während des Sinkens der Bevölkerungszahlen während der ersten 100 Schritte so. Der Anteil verändert sich erst, wenn die Bevölkerungszahlen wieder steigen. Die Agenten ohne die Eigentumsnorm können sich wesentlich erfolgreicher fortpflanzen. Wenn die Bevölkerungszahlen das Maximum von ca. 600 Agenten erreicht haben, liegt der Anteil der Agenten mit Mem 0 nur noch zwischen 10% und 20%. Beim nächsten Absinken der Bevölkerungszahlen stirbt das Mem schließlich aus. Die Nichtbeachtung der Eigentumsnorm bringt den Agenten also kurzfristige Vorteile, so daß sie sich wesentlich häufiger fortpflanzen können. Dadurch sinkt der Anteil der Agenten, die die Norm beachten, so daß die Norm schließlich ganz verschwindet und als Folge davon die Agenten aussterben.

### 4.3 Einführung von Sanktionen

Um die Norm durchzusetzen, müssen Sanktionen für Normverletzungen eingeführt werden. Abbildung 7 zeigt die Überlebenshäufigkeit für eine Strafe von vier und Kosten von null. Das erste Mem war zu Beginn bei der Hälfte und das zweite Mem bei der gesamten Bevölkerung vorhanden. Alle Agenten, die die Norm kennen, sanktionieren also auch ihre Übertretung.

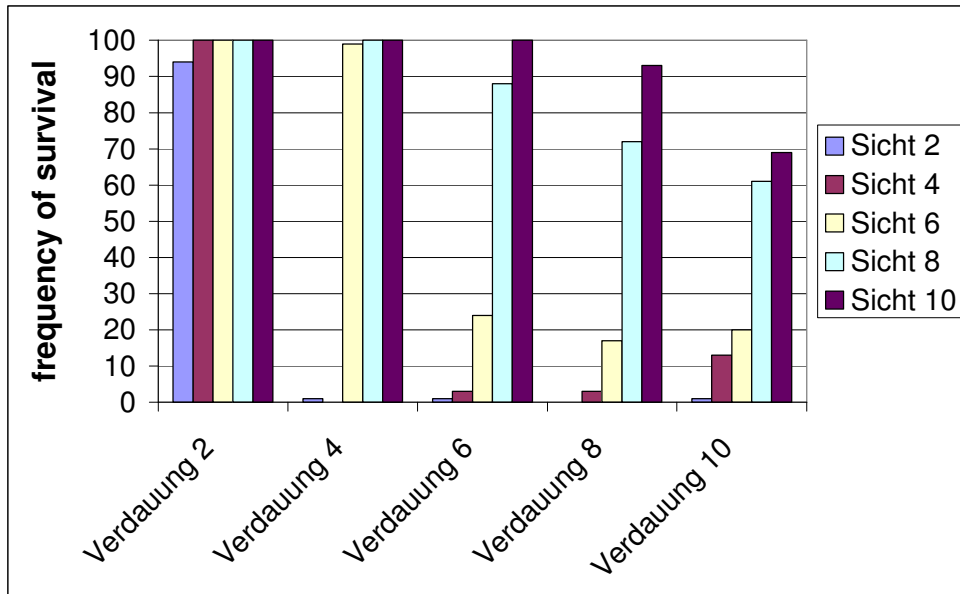


Abbildung 7: Überlebenshäufigkeit bei 50% Eigentumsmem, 100% Sanktionierungsmem und einer Strafe von vier

Es ist klar zu sehen, daß die Überlebenshäufigkeit wesentlich besser ist als ohne Sanktionen. Gerade bei hohen Sichtweiten werden sehr gute Werte für die Überlebenshäufigkeit erreicht. Weil bei hohen Sichtweiten mehr Agenten eine Normverletzung sehen können und jeder Agent, der die Norm kennt, diese auch sanktioniert, ist die Gesamtstrafe für die Verletzung wesentlich höher als bei kleinen Sichtweiten. Insgesamt läßt sich auch feststellen, daß mit steigender Höhe der Strafe die Überlebenshäufigkeit der Population auch bei geringen Sichtweiten steigt, wie Abbildung 8 für eine Verdauungsrate von sechs zeigt.

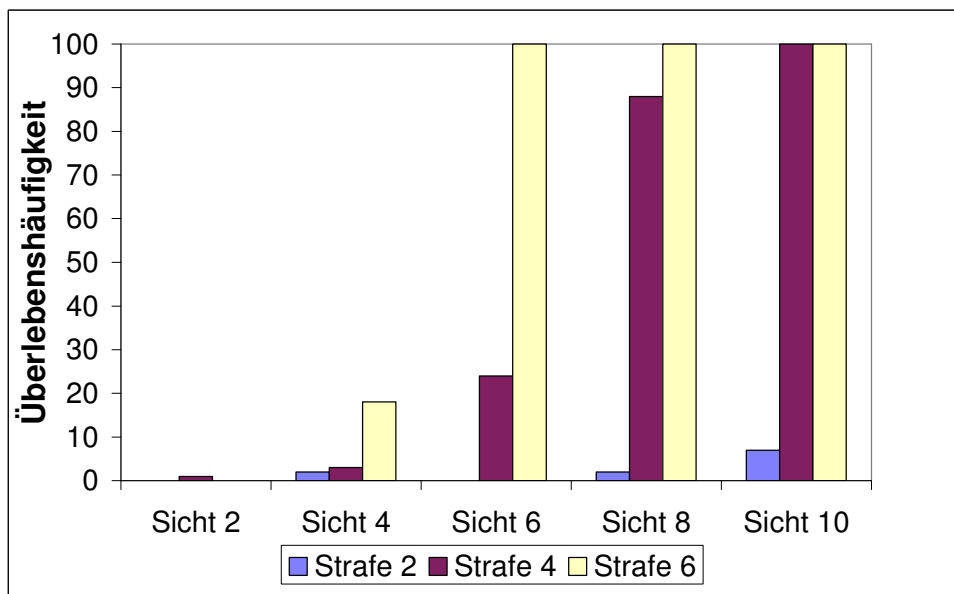


Abbildung 8: Überlebenshäufigkeit bei einer Verdauungsrate von sechs, einer Sichtweite von zwei bis zehn, 50% Eigentumsmem, 100% Sanktionierungsmem und verschieden hohen Strafen

Wenn das Sanktionierungsmem zu Beginn einer Simulation nur bei der Hälfte der Bevölkerung vorhanden ist, muß die Strafe etwa doppelt so hoch sein, um denselben Effekt zu erreichen.

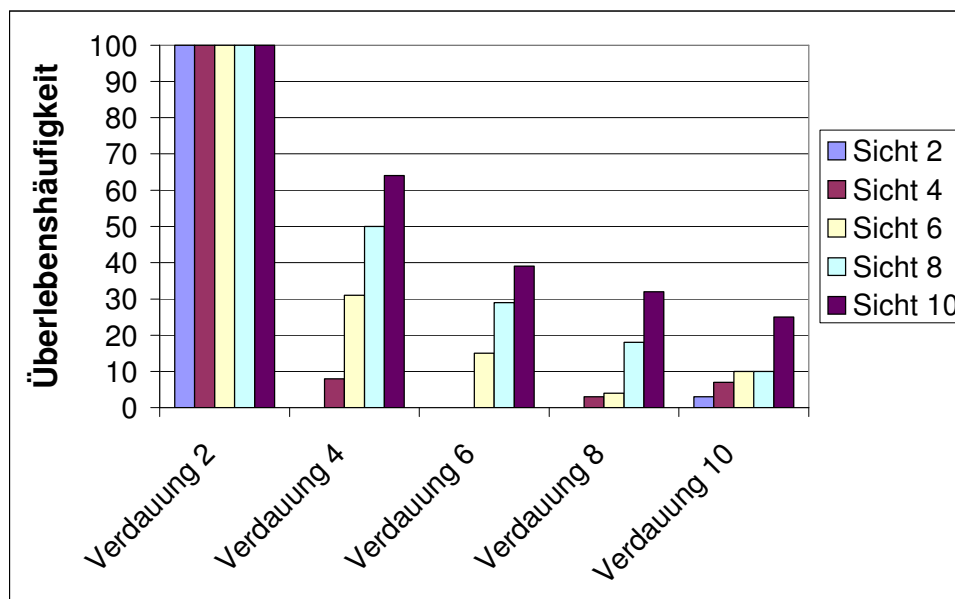


Abbildung 9: Überlebenshäufigkeit bei 50% Eigentumsmem, 50% Sanktionierungsmem, einer Strafe von zwölf und Kosten von vier

Mit Sanktionen läßt sich die Norm also recht gut durchsetzen. Dies gilt allerdings nur, solange Sanktionen nicht mit Kosten verbunden sind. Abbildung 9 zeigt dies für eine Strafe von zwölf und Kosten von vier. Die beiden Meme sind am Anfang der Simulation zu 50% vorhanden. Da das Sanktionierungsmem jetzt mit Nachteilen für seine Träger verbunden ist, läßt sich die Norm nicht mehr so gut durchsetzen. Der sanktionierende Agent muß ja jetzt die Kosten für die Sanktionierung tragen, ohne daß er einen unmittelbaren Vorteil durch die Sanktionierung hat.

Abbildung 10 zeigt für einen Lauf mit einer Verdauungsrate von vier und einer Sichtweite von sechs, daß sich das Eigentumsmem zu Beginn sehr gut verbreiten kann, der Anteil des Sanktionierungsmems aber von Anfang an zurückgeht. Wenn es stark genug zurückgegangen ist, verliert auch das Eigentumsmem seinen Vorteil und der Anteil sinkt ebenfalls. Das Problem der Kosten besteht nicht so sehr darin, daß der Einzelne nun für die Sanktionen zahlen muß, sondern eher darin, daß es andere gibt, die nicht zahlen. Diese haben dadurch einen Vorteil gegenüber denjenigen, die sanktionieren und deswegen sinkt der Anteil des Sanktionierungsmems.

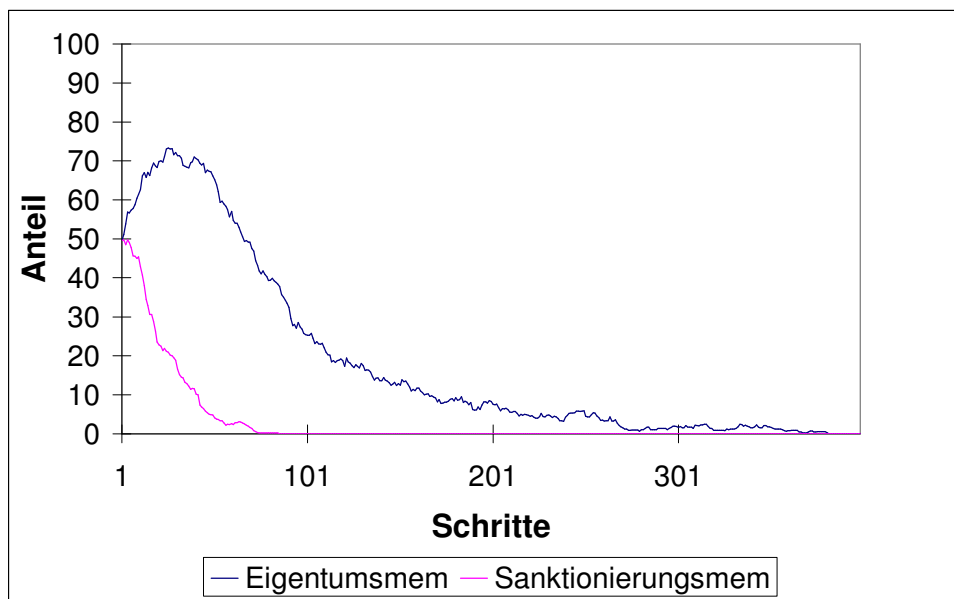


Abbildung 10: Anteil des Eigentumsmems und des Sanktionierungsmems bei Kosten von vier, einer Verdauungsrate von vier und einer Sichtweite von sechs

#### 4.4 Die Rolle der Meme

Um die Rolle der Meme genauer zu untersuchen, kann man die durchgeführten Läufe mit Läufen vergleichen, in denen entweder gar keine Kulturübertragungsregel aktiv ist, also die Vererbung der Meme nur von den Eltern auf ihre Kinder stattfindet, oder die modifizierte Regel  $K+$  gilt. Es zeigt sich, daß man in beiden Fällen ähnlichen Effekte hat. Solange keine Sanktionen bestehen, ist die Durchsetzungskraft der Eigentumsnorm eher noch etwas schlechter als zuvor. Werden jedoch Sanktionen eingeführt, so können die Agenten sowohl ohne Kulturübertragungsregel wie auch mit der Regel  $K+$  besser überleben als mit der Regel  $K$ . Wenn auch noch Kosten bestehen, bringt  $K$  jedoch wieder leichte Vorteile für das Überleben. Diese Effekte lassen sich darauf zurückführen, daß die Regel  $K$  sowohl das Verschwinden eines Mems als auch dessen Durchsetzung verlangsamt, da bei ihr die Verbreitung der Meme nicht vom augenblicklichen Erfolg ihres Trägers abhängt.

Abbildung 11 zeigt die durchschnittliche Dauer bis zum Verschwinden des Eigentumsmems bei einer Verdauungsrate von zwei und einem Anteil von 50% zu Beginn eines Laufes. Das Sanktionierungsmem ist dabei nicht aktiv. Deutlich ist zu erkennen, daß sich das Mem mit der Regel  $K$  am längsten halten kann. Der Einfluß von kurzfristigem Erfolg auf die Verbreitung von Memen wird also durch  $K$  etwas abgeschwächt. So kann sich das Eigentumsmem ohne Sanktionen etwas länger halten. Andererseits setzt es sich aber bei der Einführung von Sanktionen nicht so schnell durch. Bei bestehenden Kosten scheint der positive Einfluß der Regel  $K$  vor allem darin zu bestehen, daß das Verschwinden des Sanktionierungsmems verlangsamt wird und sich die Norm deshalb besser durchsetzen läßt.

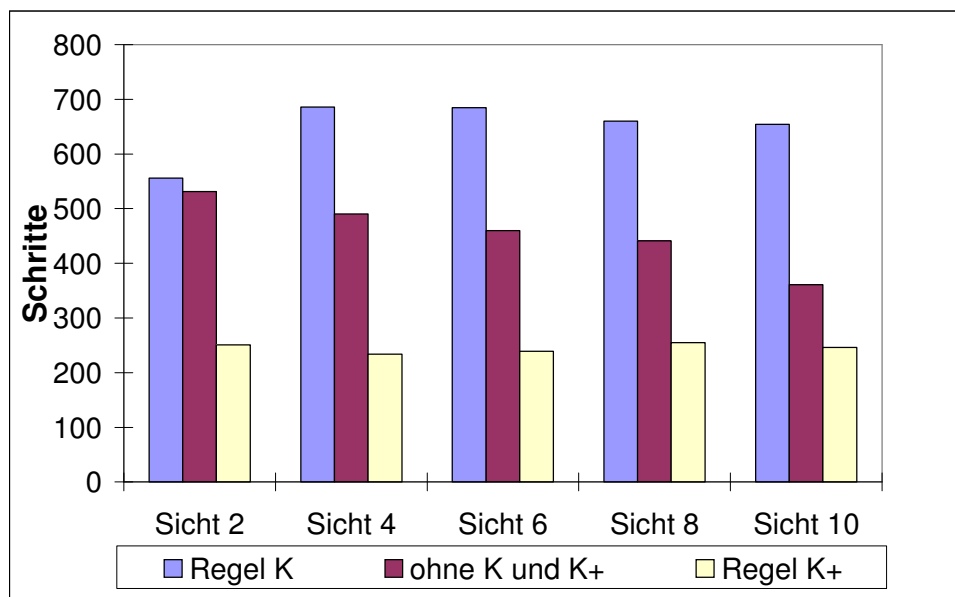


Abbildung 11: Durchschnittliche Dauer bis das Eigentumsnorm ganz verschwunden ist bei einer Verdauungsrate von zwei und einem Anteil von 50% zu Beginn des Laufes

## 5 Zusammenfassung

Wie die Simulationsläufe zeigen, sind unter bestimmten Bedingungen Eigentumsnormen entstanden. Die Norm besteht dann, wenn sich eine Vielzahl von Agenten entsprechend verhält. Sie stellt somit eine emergente Eigenschaft der Agentengesellschaft dar. Darüberhinaus hat sich die Eigentumsnorm als äußerst vorteilhaft für das Überleben der Agentenpopulation erwiesen. Ohne Eigentumsnorm sterben die Agenten bei ungünstigen Bedingungen viel eher aus als mit Eigentumsnorm.

Das Dilemma besteht aber darin, daß es den Agenten einen kurzfristigen Vorteil bietet, die Eigentumsnorm nicht zu beachten. Es besteht ein Widerspruch zwischen dem kurzfristigen Interesse der Agenten, möglichst viel Zucker einzusammeln und dem langfristigen Interesse der Gesellschaft, zu überleben. Was dem Einzelnen einen Vorteil bringt, wird für die Gesellschaft zum Nachteil. Sanktionen können einen Ausweg aus diesem Dilemma bieten, indem sie die kurzfristigen Vorteile zunichte machen. Problematisch wird es jedoch, wenn Sanktionen mit Kosten verbunden sind und der Einzelne deswegen davor zurückschreckt zu sanktionieren. In realen Gesellschaften wird dieses Problem oft durch Institutionen gelöst, die für die Einhaltung von gewissen Normen sorgen und für Sanktionen zuständig sind. Die Kosten für diese müssen dann nicht mehr von einem Einzelnen getragen werden, sondern werden von allen gemeinsam übernommen. Die Kosten wirken sich dann nicht so stark aus, weil ja jeder davon betroffen ist und so keiner einen Vorteil gegenüber den anderen hat. Für die Zukunft ist geplant, die evolutionäre Entstehung solcher Institutionen zu simulieren.

## Literatur

- Robert Axelrod: An Evolutionary Approach To Norms, in: American Political Science Review, Vol. 80 No. 4, December 1986, S. 1095-1111.
- James S. Coleman: The Emergence of Norms in Varying Social Structures, in: Angewandte Sozialforschung, Jg. 14,1 , 1986/87, S.17-30.
- Rosaria Conte, Cristiano Castelfranchi: Understanding the functions of norms in social groups through simulation, in: Nigel Gilbert, Rosaria Conte (eds.): Artificial Societies. The computer simulation of social life, London, 1995, S. 252-267.
- Richard Dawkins: Das egoistische Gen, Reinbek bei Hamburg, 1996.
- Joshua M. Epstein, Robert Axtell, Growing Artificial Societies, Cambridge, MA, 1996.
- Nicole J. Saam, Andreas Harrer: Simulating Norms, Social Inequality, and Functional Change in Artificial Societies, in: Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol. 2, no. 1, <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/2/1/2.html>, 1999.