

Fragmentierung von Vogel-Habitaten

Ein individuenbasiertes Modell zur Populationssimulation
im Rahmen der Veranstaltung
„Populations- und individuenbasierte Modelle in der Ökologie“
Universität Osnabrück WS 11/12

Felix Pütter, Etienne Ott

12. April 2012

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Einleitung | 3 |
| 2 | Konzeptionelles Modell | 3 |
| 2.1 | Anmerkungen zur Implementierung | 4 |
| 3 | Datenauswertung | 5 |
| 3.1 | Auswertung und Interpretation | 5 |
| 4 | Fazit | 7 |

1 Einleitung

Die Fragestellung, die wir im Rahmen der Veranstaltung “Populations- und individuenbasierte Modelle in der Ökologie” untersucht haben, bezog sich auf die Auswirkung einer fragmentierten Waldlandschaft auf die darin lebenden Vögel. Gibt es einen Zusammenhang? Welcher Art ist dieser und lassen sich daraus Aussagen über die Überlebensfähigkeit der Population ableiten?

Um diese Fragen zu beantworten, haben wir ein individuenbasiertes Modell entworfen, das die beiden wesentlichen Aspekte der Fragestellung beinhalten soll. Zum einen ist das die Vogelpopulation selbst, die als Agenten modelliert werden. Der andere Aspekt ist die Landschaft, die mit Waldstücken durchsetzt ist und den Lebensraum der Vögel abbildet. Dies stellt eine starke Abstraktion zur Realität dar, eine ausführlichere Modellierung war unserer Meinung nach im gegebenen Rahmen aber weder möglich, noch zielführend.

Gleichzeitig erlaubt ein simples Modell aber auch eine viel detailliertere Untersuchung des Modells und dessen Parameterraum. Wie in 3.1 näher erläutert, sind unsere Folgerungen daher (im Rahmen des Modells) eindeutig und gut belegt.

2 Konzeptionelles Modell

Die Landschaft wird (mit einer als Parameter einstellbaren Walddichte) zufällig aufgebaut. Allerdings wäre eine *rein* zufällige Landschaft stärker fragmentiert als es in Wirklichkeit der Fall ist, weshalb ein „Sandhaufen-Algorithmus“ (siehe unten) gewählt wurde, der die Waldstücke stärker kumuliert. Ein Geländestück kann zwei Zustände annehmen, nämlich „Wald“ oder „Nicht-Wald“; dieser zu Beginn vergebene Zustand ändert sich während der Simulation nicht mehr.

Die Vogelpopulation besteht aus einer Menge von Vogel-Agenten, die auf einem Waldstück existieren und an dieses gebunden sind. Eine Bewegung der Agenten auf dem Feld ist nicht simuliert, da für die Vermehrung der Nistplatz und das Einzugsgebiet der Nahrungssuche eine wichtigere Rolle spielen als die individuelle Bewegung. Auf einem Waldstück kann nur ein Vogel¹ existieren. Die Vögel haben eine feste Lebensdauer und sterben nach diesem Zeitraum, wodurch sie das Waldstück wieder freigeben.

„Akteure“ im modellierungstheoretischen Sinne sind in unserem Modell die Geländestücke und nicht die Vögel. Die Vögel haben eine passive Rolle als “Marker” um einen Vogel zu markieren. Der eigentlich interessante Teil des Modells, die Vermehrung, wird

¹“Ein Vogel” ist an dieser Stelle willkürlich gewählt, es kann sich ebenso um einen Vogelschwarm, eine Vogelfamilie/gruppe, etc. handeln.

auch über die Geländestücke modelliert: Wenn sich in der Nähe eines Waldstückes² mindestens ein Vogel befindet, dann entsteht auch auf diesem Waldstück mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit ein Vogel. Dies hat zur Folge, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein neuer Vogel entsteht, nicht von der Anzahl der Vögel in der Umgebung eines freien Waldstückes, sondern von der Anzahl der freien Waldstücke in der Umgebung eines Vogels abhängt. Dies spielt mit der obigen Interpretation der Nistplätze/Futtersuche gut zusammen. Wenn mehrere Vögel um einen freien Nistplatz konkurrieren, so erhöht dies nicht unbedingt die Wahrscheinlichkeit, dass der Nistplatz schließlich besetzt wird.

2.1 Anmerkungen zur Implementierung

Das Modell wurde mit dem auf Java basierenden Modellierungsframework Repast Symphony³ umgesetzt, mit dem einfache individuenbasierte Modelle leicht implementiert werden können. Die Struktur des konzeptionellen Modells wurde ohne große Änderungen übernommen.

Für das Erzeugen der fragmentierten Landschaft wurde ein Sandhaufen-Algorithmus verwendet. Dieser funktioniert, anschaulich beschrieben, wie folgt: Zu Beginn wird ein Feld der gewünschten Größe erstellt, welches durch ein zweidimensionales Zahlenarray beschrieben wird. Anschließend wird ein gewisser Prozentsatz der Zellen als Ziel markiert und der Wert der Zellen in der Umgebung jedes Zieles jeweils erhöht, wobei die Erhöhung mit der Entfernung zum Ziel abnimmt (ähnlich einem „Sandhaufen“, auf den Körner fallen, daher der Name). Diese Inkrementierung kann zusätzlich noch mit einer Zufallszahl multipliziert werden, da sonst sehr regelmäßige Landschaft entstehen.

Nach einigen Schritten ist eine „Hügellandschaft“ entstanden. Die Höhenlinien dieser Landschaft entsprechen den Konturen der fragmentierten Landschaft. Die „Höhe“ der Höhenlinien steht in linearem Zusammenhang zur Dichte der Landschaft, die entsteht, wenn man an dieser Stelle den Querschnitt durch die (als dreidimensional vorgestellte) „Hügellandschaft“ als Grundriss der Waldlandschaft benutzt. Da die so berechnete Landschaft jedoch nicht exakt die gewünschte Dichte hat, ist es meist noch notwendig, einzelne Zellen der Landschaft hinzuzufügen oder zu entnehmen, um die Dichte schließlich exakt anzupassen.

²Die Größe der hier betrachteten Umgebung (Moore-Nachbarschaft) kann als Parameter eingestellt werden.

³s. a. <http://repast.sourceforge.net>

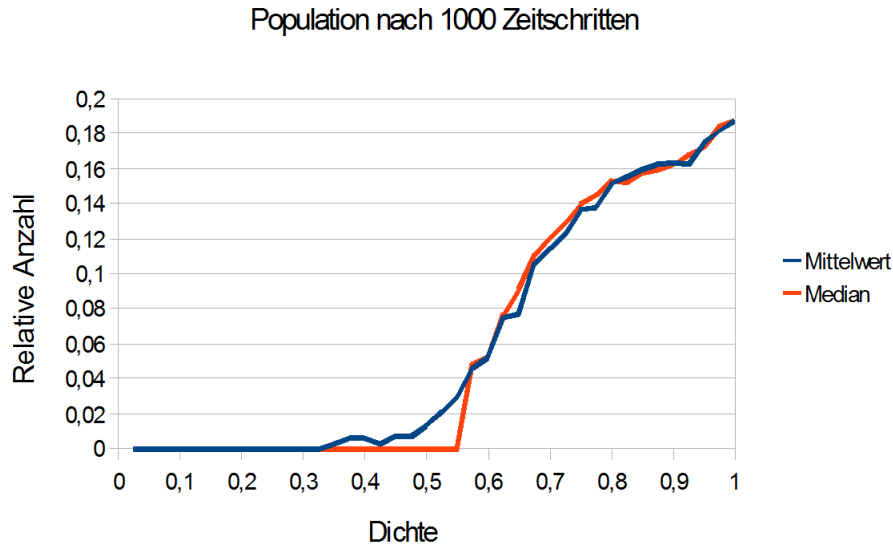


Abbildung 1: Population zum Zeitschritt $t = 1000$

3 Datenauswertung

Um die Auswirkungen der Fragmentierung auf die Population zu untersuchen, wurde eine Parameter-Variation durchgeführt, die mehrere typische Kenngrößen erfasste, die das Überleben einer Population abbilden. Variiert wurde der Parameter *Walddichte in der Landschaft (Dichte)*, die anderen Parameter waren auf Default-Werte⁴ gesetzt. Die *Dichte* wurde von 2.5% bis 100% mit Schrittweite 2.5% variiert. Für jede Dichte wurden 75 Runs durchgeführt. Zu Beginn jedes Runs wurden 7 Vögel zufällig auf Waldzellen verteilt. Erfasst wurden die drei Größen *Population nach 1000 Zeitschritten*, *Aussterbewahrscheinlichkeit* und *Aussterbezeitpunkt*.

3.1 Auswertung und Interpretation

In Abbildung 1 ist die Population nach 1000 Zeitschritten in Abhängigkeit von der *Dichte der Landschaft* aufgetragen. Die Population ist dabei relativ zur Anzahl der Waldzellen angegeben, um Populationen auf unterschiedlich dichten Wäldern vergleichbar zu machen. Deutlich zu sehen ist, dass die Population für Dichten bis zu 50% nahe Null ist und nach einem kritischen Wert von ca. 55% rasch ansteigt. Dies bedeutet, dass Populationen auf Waldgebieten mit „unterkritischer“ Dichte nur schlecht überleben

⁴Alter: 15 Zeitschritte; Entstehungsrate: 2%; Größe: 30 Felder

können.

Um diesen Zusammenhang zwischen Überlebensfähigkeit und Dichte näher zu untersuchen, haben wir neben der Populationsgröße auch die Aussterbewahrscheinlichkeit und den Aussterbezeitpunkt erfasst.

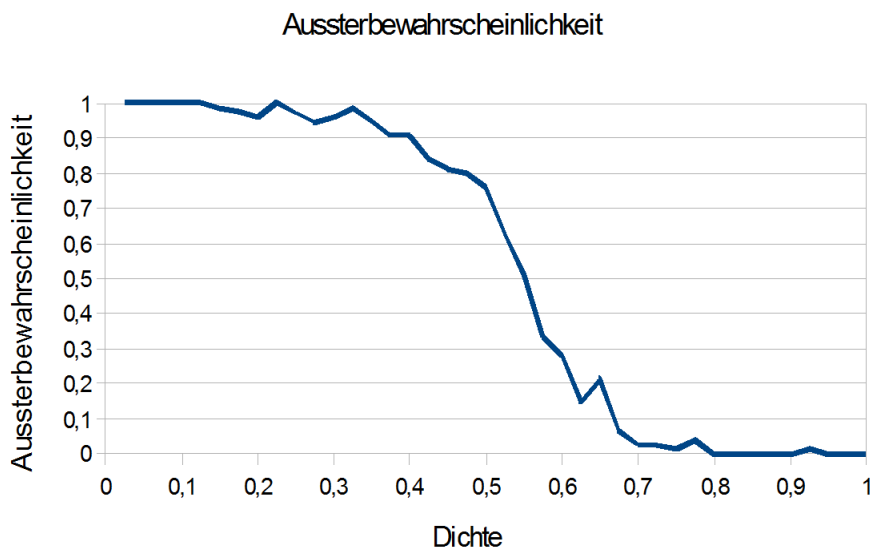


Abbildung 2: Aussterbewahrscheinlichkeit einer Population auf einem Wald der entsprechenden Dichte

In Abbildung 2 ist die Aussterbewahrscheinlichkeit gegenüber der Dichte aufgetragen. Berechnet wurde diese anhand des Anteils der ausgestorbenen Populationen pro Dichtewert. Wiederum ist der Bereich der größten Änderung bei etwa 55% Dichte. Jedoch ist zu sehen, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit schon vor dem kritischen Wert ansteigt.

In Abbildung 3 ist der Aussterbezeitpunkt in Abhängigkeit von der Dichte aufgetragen. Hat eine Population bis zum Zeitpunkt $t = 1000$ überlebt, wurde ein Aussterbezeitpunkt von 1000 eingetragen. Das Abflachen der Kurve ab einer Dichte von ca. 70% ist auf diese Regel zurück zu führen. Mit längeren Simulationsläufen kann auch für höhere Dichten der mittlere Aussterbezeitpunkt erfasst werden, worauf wir im Rahmen der Parametervariation allerdings nicht weiter eingegangen sind.

Es ist außerdem nicht möglich den Verlauf der Kurve eindeutig als linear oder exponentiell einzuordnen. Hierfür wären mehr und längere Simulationsläufe nötig, um statistische Sicherheit zu haben. Der Zusammenhang zwischen Überlebensfähigkeit und Dichte ist jedoch weiterhin klar zu erkennen.

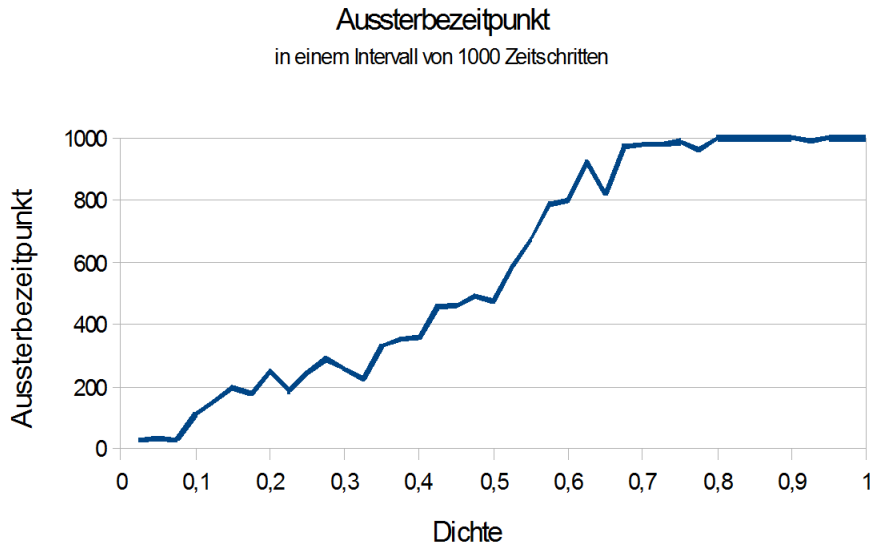


Abbildung 3: Aussterbezeitpunkt

Betrachtet man den Verlauf der drei oben genannten Größen, so lässt sich zusammenfassend sagen, dass in unserem Modell ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Dichte der Waldes und der Überlebensfähigkeit einer Vogelpopulation besteht. Für die beiden Größen *Überlebenswahrscheinlichkeit* und *Population nach 1000 Schritten* existiert außerdem ein kritischer Wert von ca. 55% *Dichte*, unterhalb dem eine Vogelpopulation nur schlecht überleben kann.

4 Fazit

Das von uns vorgestellte Modell stellt eine sehr starke Abstraktion des realen Verhaltens einer Vogelpopulation dar. Einige wichtige Aspekte, wie etwa die Bewegung der Vögel, Nahrungsangebot, natürliche Feinde oder Jahreszeiten wurden nicht berücksichtigt. Der Modellzweck unseres Modells ist es jedoch nicht, den genauen Verlauf einer Population zu simulieren und den Populationsbestand vorherzusagen, sondern vielmehr den Zusammenhang zwischen der Dichte eines Waldgebietes und der Überlebensfähigkeit einer Population zu untersuchen. Dieser Zusammenhang ist eindeutig gegeben, wie in 3.1 näher erläutert.

Dies erlaubt nun Aussagen darüber zu machen, wie ein Wald beschaffen sein muss, um das Überleben der darin lebenden Vogelpopulationen nicht zu erschweren. Wie bei allen statistischen Modellen sei anzumerken, dass jede Population nach endlicher Zeit

ausstirbt und der Zufall auf das Überleben einer einzelnen Population großen Einfluss hat. Anhand der Dichte des Waldes lässt sich aber bereits eine grobe Einschätzung darüber machen wie wahrscheinlich das Überleben der Vögel ist.

Die relativ simple Parameterisierung erlaubt es zudem, dass sich große Parameterbereiche für verschiedene Vogelarten untersuchen lassen. So unterscheidet sich das Verhalten für langlebige Arten mit geringer Geburtenrate von dem von kurzlebigen, nachkommenreichen Arten. Für beiden Arten könnte unser Modell durch entsprechende Parameterisierung Aussagen über die Überlebensfähigkeit in verschieden dichten Wäldern machen.