

Modellierung der Ausbreitung von Baumschädlingen nach aerochemischer Insektizidanwendung mit den Mitteln eines Geoinformationssystems

Colja Krugmann¹, Majdi Abusaleh¹, René Krüger¹, Jochen Wittmann¹

¹ Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Umweltinformatik, Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin, Germany, wittmann@htw-berlin.de

Abstract. Im Rahmen eines Studentenprojektes für das Modul Umwelt- und Geoinformationssysteme greift der vorliegende Beitrag die Diskussion um eine aerochemische Bekämpfung von Waldschädlingen auf und versucht allein auf der Basis von öffentlich zugänglichen Daten ein Modell zu entwickeln, das die für eine Besprühung erlaubten Flächen aufzeigt, das aber darüber hinaus auch versucht, im Rahmen der Entwicklung eines dynamischen Modells die erneute Ausbreitung der Waldschädlinge nach der Bekämpfungsmaßnahme einzuschätzen. Grundlegende Annahme für diese Modellierung ist die Tatsache, dass bei einer Besprühung Schutzzonen um besiedeltes Gebiet aber auch um Oberflächengewässer und Waldränder eingehalten werden müssen, die nicht behandelt werden dürfen und damit zu Zonen werden, in denen die Schädlinge überleben. Nimmt man nun noch eine bestimmte Dauer für den Vermehrungszyklus der Schädlinge sowie einen mittleren Verbreitungsradius an, kann man mit einfachen Methoden eines Geoinformationssystems die dynamische Ausbreitung der Schädlingspopulation über mehrere Vermehrungszyklen simulieren und darstellen. Das Paper zeigt als Machbarkeitsstudie, dass ein solches, einfaches Modell sinnvolle Ergebnisse liefern kann und stellt für konkrete Anwendungen eine Liste mit den unbedingt notwendigen Parametern auf, die erhoben werden müssen, um eine praxisnahe Simulation durchführen zu können.

1 Motivation

2019 wurde in Brandenburg seit langem wieder in Erwägung gezogen, aerochemisch mit "Karate Forst flüssig" von Syngenta gegen Waldschädlinge, in erster Linie

gegen die Nonne, vorzugehen. Von Seiten von Umweltschützer*innen und Anwohner*innen gab es regen Widerstand (Mit „Karate Forst“ gegen Raupen in Brandenburgs Wäldern, 2019). Brandenburgs Wälder bestehen zu 70% aus Kiefern. Diese Monokultur zusammen mit den dürreren Sommern der vergangenen Jahre erhöhte die Anfälligkeit der Bäume für Schadorganismen wie Kiefernspinner, Kiefernspanner, Kiefernbuschhornblattwespe, Forleule und Nonne. Das Waldmonitoring prognostizierte bei günstigen Bedingungen für die Schädlinge wie warmes und trockenes Wetter eine große Gefahr des Kahlfraßes. Kiefern können einen einmaligen Kahlfraß von ca. 90% mit wenig Verlusten überstehen, kommt es jedoch zu stärkeren Schäden ist von einem Absterben des Waldes auszugehen (Landesbetrieb Forst Brandenburg (Hrsg.), kein Datum). Auch in Bezug auf den CO₂-Haushalt stellen die Wälder einen wesentlichen Faktor dar und ein Kahlfraß würde die Forste von einer positiv zu bewertenden CO₂-Senke in eine für die Bilanz negative CO₂-Quelle verwandeln. Dem allen wollte das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) mit aerochemischer Schädlingsbekämpfung mit Karate Forst flüssig von Syngenta begegnen (Landesbetrieb Forst Brandenburg (Hrsg.), kein Datum). Bei diesem Insektizid handelt es sich um ein Kontaktgift, das hoch verdünnt in die Baumkronen der befallenen Gebiete ausgebracht wird. Es tötet die Nonne im Raupenstadium (Landesbetrieb Forst Brandenburg (Hrsg.), kein Datum).

Naturschützer zweifelten stark an der Sinnhaftigkeit und Umweltverträglichkeit dieser Vorgehensweise, da auch die natürlichen Feinde der Schädlinge mit betroffen

wären. Laut LFE kann die Konzentration aber gerade so hoch eingestellt werden, dass allein die Nonnenraupen abgetötet werden und nicht deren Gegenspieler oder beispielsweise Maikäfer oder andere Laufkäfer.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie greift an dieser Stelle in die Diskussion ein. Es soll geprüft werden, ob man durch eine Modellentwicklung, die ausschließlich auf öffentlich zugänglichem Datenmaterial beruht, Aussagen über die Auswirkungen einer aerochemischen Besprühung auf die Entwicklung des Schädlingsbefalls machen kann. Besondere Berücksichtigung bei der Modellierung soll die Bedeutung der Schutzzonen finden, die bei der Ausbringung des Insektizids um Siedlungen, Gewässer usw. eingehalten werden müssen und damit Rückzugsgebiete für die Schädlingspopulation darstellen aus denen heraus sich diese sowohl zahlenmäßig erholen als auch neu verbreiten kann.

2 Modellidee und Aufbereitung für eine GIS-Analyse

Die Grundidee der vorliegenden Arbeit ist es zunächst, ausschließlich öffentlich verfügbares Kartenmaterial als Basisdaten für den Anwendungsfall aufzubereiten, das die für eine Besprühung erlaubten und geeigneten Flächen aufzeigt, das aber darüber hinaus auch versucht, im Rahmen der Entwicklung eines dynamischen Modells die Verbreitung der Waldschädlinge nach der Bekämpfungsmaßnahme einzuschätzen. Grundlegende Annahme für diese Modellierung ist die Tatsache, dass bei einer Besprühung Schutzzonen um besiedeltes Gebiet aber auch um Oberflächengewässer und Waldränder eingehalten werden müssen, die nicht behandelt werden dürfen und damit als Rückzugsgebiete für die Schädlingspopulation dienen können. Nimmt man nun noch eine bestimmte Dauer für den Vermehrungszyklus der Schädlinge sowie einen mittleren Verbreitungsradius an, soll allein mit den Standardmethoden zur räumlichen Analyse, die ein Geoinformationssystem zur Verfügung stellt, die dynamische Ausbreitung der Schädlingspopulation über mehrere Vermehrungszyklen simuliert und dargestellt werden. (s. Abb. 1)

Ziel der Modellierung ist es dabei, den Einfluss und die Bedeutung der Schutzzonen herauszuarbeiten und einer quantitativen Untersuchung zu öffnen. Denn sicherlich wird der Insektizideinsatz in einer topographisch stark strukturierten und damit stark mit Schutzzonen

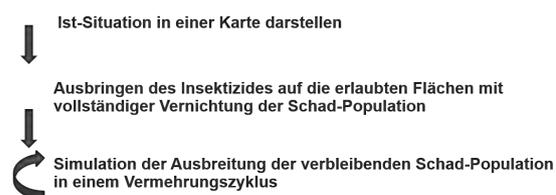


Abb. 1: Modellidee

durchsetzten Landschaft andere Effekte zeigen als in einer großflächig strukturierten Landschaft, die weniger Schutzzonen ausweist.

Mit dieser Modellidee als Basis stellen sich für die Analyse im Geoinformationssystem die folgenden Teilaufgaben:

1. Finden und Aufbereiten geeigneter öffentlich zugänglicher Geobasisdaten
2. Ermittlung der für die Modellierung notwendigen Parameterwerte
 - a. Bezüglich der Anwendungshinweise des Insektizids
 - i. Schutzzone um Siedlungen
 - ii. Schutzzone um Gewässer
 - iii. Schutzzone an Waldrändern
 - b. Bezüglich der biologischen Daten des Schädlings
 - i. Dauer eines Vermehrungszyklus
 - ii. Ausbreitungsreichweite in einem Vermehrungszyklus

3 Der Analyse-Workflow

Nach der Veranschaulichung der Methode folgt nun die Schilderung der einzelnen Arbeitsschritte. Als Erstes wurde ein Wegenetz benötigt. Als Zweites musste der Grenzwert bzw. Maximalwert an Emissionen berechnet werden, der den Erreichbarkeitsgrafiken für die Transportmittel als Limit dienen soll. Im Dritten und letzten Schritt konnten die Erreichbarkeitsgrafiken dann erstellt werden.

3.1 Schritt 0: Grundkarte und Geobasisdaten erstellen

Die für die Machbarkeitsstudie getroffene Beschränkung auf öffentlich zugängliches Kartenmaterial stellt eine gewisse Herausforderung dar, die einerseits zwar zusätzliche Arbeitsschritte erfordert, andererseits jedoch

die Unabhängigkeit des Modellansatzes von bereits vorliegendem, jedoch nur beschränkt und/oder unter Auflagen verfügbarem Datenmaterial unterstreicht.

Als Beispielfläche wurde eine Region in Brandenburg zwischen Bad Belzig und Werder (Havel) gewählt, für den sich die Datenlage folgendermaßen darstellt:

- Als Grundkarte wird ein Ausschnitt aus openstreetmap gewählt (OpenStreetMap, 2019)
- Die Gewässerdaten als Shape-Dateien stammen vom Geoportals Brandenburg (LGB (Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg), 2019).
- Die Straßennetzdaten für Brandenburg stammen von Inspire Brandenburg und wurden über ein API in Form einer GML-Datei heruntergeladen (LGB (Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg), 2019).
- Die Walddaten stammen vom Landeskompetenzzentrum Forst Brandenburg und lagen als GML-Datei vor (Landesbetrieb Forst Brandenburg (Hrsg.), kein Datum).
- Idealerweise liegen Siedlungen und landwirtschaftlich genutzte Flächen als Shape-Dateien, in vorliegendem Beispiel allerdings nur als Lücken in den Forstgebieten vor.

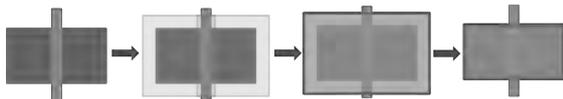


Abb. 2: Skizze zu Schritt 1: zusammenhängende Waldflächen erzeugen

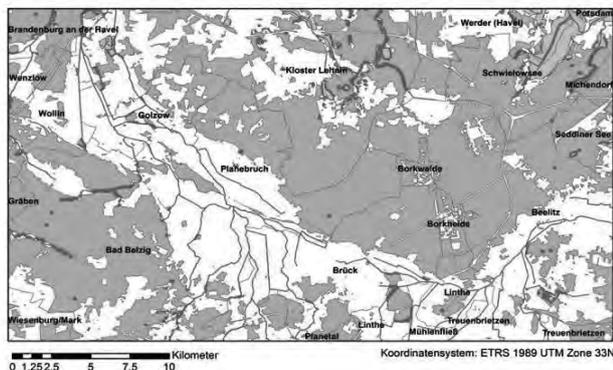


Abb. 3: Basiskarte nach Schritt 1

3.2 Schritt 1: zusammenhängende Waldflächen erzeugen

Innerhalb eines Forstes befinden sich Waldwege und kleinere Straßen, welche zu einer Unterbrechung der Forstfläche in den Geodaten führen und damit fiktive Waldränder darstellen, die als Schutzzonen relevant wären. In Bezug auf einen Insektizideinsatz zählen Waldwege jedoch nicht als Grenze eines Forstgebietes und müssen deswegen für dieses Projekt ignoriert werden, um mit geschlossenen Forstflächen weiterarbeiten zu können.

Um das zu erreichen, wird um die Forstgebiete ein Puffer gelegt, der die Waldwege überdeckt. Die daraus entstandenen überlappenden Waldpolygone werden anschließend zusammengeführt (Dissolve). Ein anschließender negativer Puffer um die gleiche Breite reduziert die Waldgebiete schließlich auf ihre ursprüngliche, reale Größe. (Skizze des Verfahrens Abb. 2, Basiskarte nach diesem Bearbeitungsschritt in Abb. 3)

3.3 Schritt 2: einheitliche Gewässerflächen mit Sicherheitsabstand erzeugen

Geodaten für Seen liegen in Form von Polygonen und für Flüsse und Kanäle in Form von Linien vor. Linien haben keine Breite, weshalb sie vor einer Vereinigung mit den Seeflächen zunächst in Polygone umgewandelt werden müssen. Hierfür wurde ein Puffer um die Flüsse als line-Feature erstellt. Anschließend können Seen und Flüsse zu einem Layer "Gewässer" zusammengeführt werden, der für die Bestimmung der Schutzzonen relevant ist. Sämtliche Gewässer-Features werden nun erneut um die Breite der Schutzzone gepuffert, damit Polygone entstehen, die die Gewässer inklusive ihres Sicherheitsabstands repräsentieren. (Abb. 4)

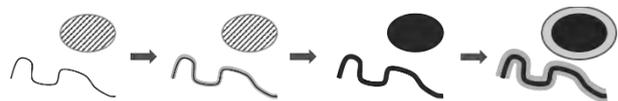


Abb. 4: Schritt 2: einheitliche Gewässerflächen mit Sicherheitsabstand erzeugen

3.4 Schritt 3: Sicherheitsabstand zu großen Straßen; Zusammenführung der Schutzzonen

Über größere Straßen, wie Bundes- und Kreisstraßen oder Bundesautobahnen darf nicht hinweg gesprüht werden. Die Geodaten für Straßen liegen wiederum als line-Features vor. Um Schutzzonen entlang von Straßen zu ermitteln werden diese wiederum entsprechend einer gemittelten Straßenbreite und des vorgeschriebenen Schutzabstands gepuffert. Diese Schutzzonen um Straßen werden anschließend mit den Schutzzonen um Gewässer zusammengeführt. (Abb. 5)



Abb. 5: Schritt 3: Sicherheitsabstand zu Straßen; Zusammenführung der Schutzzonen

3.5 Schritt 4: nicht besprühte Waldfläche

Um die Gebiete zu bestimmen, die nicht besprüht werden dürfen, wurde zunächst die besprühbare Waldfläche identifiziert. Die Waldpolygone aus Schritt 1 werden um den Sicherheitsabstand zum Waldrand negativ gepuffert. Diese Fläche wird mit den Flächen der Gewässer und großen Straßen aus Schritt 2 und 3 verschneiden. Wird das Ergebnis dieser Verschneidung nun noch durch eine symmetrische Differenz von der gepufferten Waldfläche abgezogen, erhält man eine Waldfläche, bei der alle Sicherheitsabstände berücksichtigt wurden, also die Waldfläche, die mit dem Insektizid besprüht werden darf. Jetzt kann man erneut eine symmetrische Differenz mit der gesamten Waldfläche bilden und man erhält schließlich diejenige Waldfläche, die nicht besprüht werden darf. (Abb. 6)



Abb. 6: Schritt 4: nicht besprühte Waldfläche ermitteln

3.6 Schritt 5: Ausbreitung des Schädlings

Man geht davon aus, dass die Schädlinge in dem Gebiet, in dem nicht gesprüht werden darf, vollständig überleben. Von diesem Gebiet aus können sie sich folglich erneut in die benachbarten, behandelten Gebiete ausbreiten. Dieser Ausbreitungsprozess kann durch einen Puffer um die nicht behandelten Gebiete modelliert werden. Die Pufferbreite entspricht dabei der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schädlings in einem Vermehrungszyklus. Da die angenommene Ausbreitung in alle Richtungen geht reicht sie über die Waldgrenzen hinaus, weshalb sie miteinander verschneiden werden müssen. Zudem kann es zu einer Überlagerung von Teilen der Ausbreitungszone kommen, die durch ein Zusammenführen entfernt werden. (Abb. 7)

Nun kann diese gesamte Prozedur für genau einen Vermehrungszyklus wiederholt abgearbeitet werden, um die Abfolge und die Auswirkungen mehrerer Vermehrungszyklen zu simulieren.

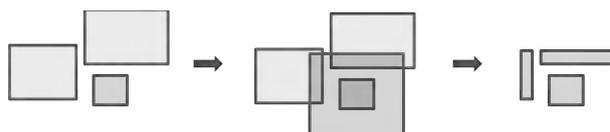


Abb. 7: Ausbreitung des Schädlings

4 Ergebnisse

4.1 Machbarkeitsstudie für die Beispielregion

Die im vorausgegangenen Abschnitt beschriebenen Analyseschritte wurden mit dem Model Builder in Esri ArcMap 10.5 als Analyseworkflow angelegt und auf die Beispielregion aus Abbildung 3 angewandt. Für die diversen in den Einzelschritten genannten Parameter wurden die Werte plausibel geschätzt, die exakten Parameterwerte sollen an dieser Stelle jedoch bewusst nicht genannt werden, da es sich bei dem Modell ausdrücklich um einen Prototypen handelt, der auf den prinzipiellen Analyseworkflow abzielt und die Ergebnisse daher zunächst nur einem Plausibilitätstest unterzogen werden können. Im nachfolgenden Unterabschnitt soll die Frage der Parametrisierung separat diskutiert werden.

Als Ergebnis der Modellierung und der Simulation

können daher zunächst nur drei qualitative Schlüsse gezogen werden: Erstens ist der beschriebene schrittweise Analyseworkflow mit den Standardmethoden von Arc-Map vollständig und transparent abbildbar und steht als frei parametrisierbares neues Tool zur Verfügung. Zweitens ist es möglich, eine einfache dynamische Simulation durch Iteration der in Schritt 5 erläuterten Ausbreitungsmethode zu implementieren. Und drittens führt das durch den Workflow beschriebene Vorgehen tatsächlich zu plausiblen Ergebnissen, wie aus der Abbildung 8 ersichtlich ist.

Man erkennt in der Ergebniskarte, dass bereits nach drei defensiv parametrisierten Vermehrungszyklen (gekennzeichnet durch unterschiedlich stark rot symbolisierte Pufferflächen um die Schutzzonen) ein großer Teil der Waldfläche ausgehend von den Schutzzonen neu besiedelt ist. Die Abhängigkeit von der Landschaftsstruktur wird durch das Modell offensichtlich nachvollziehbar.

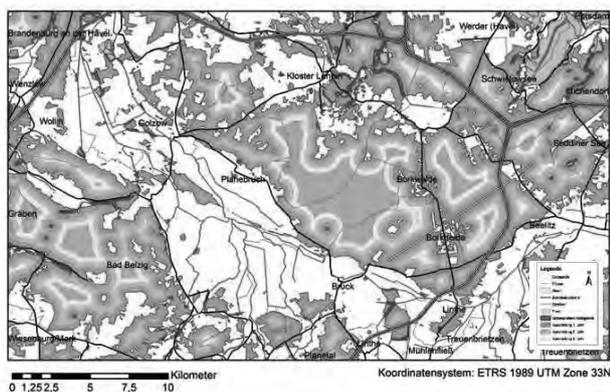


Abb. 8: Simulierte Situation für die Beispielregion nach drei Ausbreitungszyklen

4.2 Notwendige Parameterwerte für eine exakte Modellstudie

Wie bereits erwähnt, basiert das vorgestellte Modell auf öffentlich zugänglichen Daten, ist aber an einigen Stellen von Parameterwerten abhängig, die in der Machbarkeitsstudie lediglich plausibel geschätzt werden konnten für eine auch quantitativ verwertbare Modelluntersuchung aber mit validen Werten besetzt werden müssen. Allerdings ist anzumerken, dass die Modellierung darauf abzielte, dass es sich um eine verhältnismäßig kleine Zahl von Parametern handelt, die zudem relativ einfach zu bestimmen zu sein scheinen. Hier die Liste dieser Mo-

dellparameter, die für eine konkrete Anwendung zahlenmäßig zu besetzen sind:

1. Geobasisdaten:
 - a. Grundkarte (die Machbarkeitsstudie arbeitet bewusst ausschließlich mit öffentlich zugänglichem Material, hier sind sicherlich bessere thematische Basiskarten möglich)
 - b. Breite von kleinen Fließgewässern
 - c. Breite von Straßen
2. Anwendungshinweise des Insektizids:
 - a. Mindestabstand zu Waldrand
 - b. Mindestabstand zu Oberflächengewässern
 - c. Mindestabstand zu Siedlungen
 - d. Wirksamkeit
3. Daten zur Biologie des Schädlings:
 - a. Dauer eines Vermehrungszyklus
 - b. Ausbreitungsreichweite in einem Vermehrungszyklus

Dies ist die vollständige Parameterliste, die für das vorgestellte Modell benötigt wird. Selbstverständlich sind für eine detailliertere Modellierung noch viele andere Einflussfaktoren denkbar und sinnvoll. Bei der Beschäftigung mit dem Modell stößt man zum Beispiel sehr schnell auf den Einfluss des Wetters und die Zusammensetzung des Baumbestandes als zwei Größen, die eigentlich nicht unberücksichtigt bleiben dürften, die aber mit Blick auf das Ziel, zunächst nur die prinzipielle Machbarkeit zu demonstrieren, trotzdem vernachlässigt wurden.

5 Fazit

Die vorliegende Arbeit soll zeigen, dass bereits ein sehr einfacher Modellansatz aussagekräftige Ergebnisse generieren kann, die es erlauben, die Auswirkungen eines Eingriffs durch aerochemische Insektizidanwendung abzuschätzen und die Fläche der unbehandelten Waldgebiete zu bestimmen. Mit einer überschaubaren Menge von dazu benötigten Parameterwerten und einem sowohl algorithmisch als auch softwaretechnisch geringen Aufwand lässt sich durch Parametervariationen und Szenariountersuchungen die Diskussion sicherlich versachlichen.

Auf methodologischer Ebene zeigt das vorgestellte Modell, dass die häufig diskutierte Kopplung und/oder

Integration von Geoinformationssystem und Simulationssystem bei einem engen Anforderungsprofil einerseits und einem sehr pragmatischen Modellierungsansatz andererseits für Einzelprojekte pragmatisch und erfolgreich gelingen kann.

6 Quellen

Geofabrik. (09.. 07. 2019). *OpenStreetMap Europe*. Von <https://download.geofabrik.de/europe.html>. abgerufen

Landesbetrieb Forst Brandenburg (Hrsg.). (kein Datum). Abgerufen am 03. 04 2020 von Waldschutzmaßnahmen gegen Nonnenraupen: <https://forst.brandenburg.de/lfb/de/lfe/waldschutzinformationen/waldschutzmassnahmen-gegen-nonnenraupen/>

Landesbetrieb Forst Brandenburg. (17. 01 2018). *Forstgrunddaten - Flaechen - Waldbedeckung - Land Brandenburg*. Abgerufen am 23. 04 2019 von http://www.brandenburg-forst.de/inspire/dls/ifgk_wld/

LGB (Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg). (2019). *Geoportal Brandenburg*. Abgerufen am 14. 05 2019 von <https://geoportal.brandenburg.de/startseite/>

Majunke, C., Möller, K., & Funke, M. (2004). Die Nonne (*Lymantria monacha* L., Lepidoptera, Lymantriidae). (L. Eberswalde, Hrsg.) *Walschutz-Merkblatt 52*.

Mit „Karate Forst“ gegen Raupen in Brandenburgs Wäldern. (26. 04 2019). Abgerufen am 03. 04 2020 von [rbb24.de: https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2019/04/brandenburg-beelitz-mit-karate-forst-fluessig-gegen-insekten.html](https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2019/04/brandenburg-beelitz-mit-karate-forst-fluessig-gegen-insekten.html)

OpenStreetMap. (2019). Von <https://www.openstreetmap.org> abgerufen