

Abschlussbericht zum Projekt

**„Entwicklung des pattern-oriented modelling (POM) als
innovative Methode zur Erfassung von
Landschaftskonnektivität am Beispiel des Balkanluchses in
Mazedonien als praxisorientierter Ansatz zur Entwicklung
von Schutzgebieten“**

Aktenzeichen 32634/01



Verfasser: Dime Melovski, Prof. Dr. Niko Balkenhol

Büsgen-Institut, Abteilung Wildtierwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen



Projektbeginn: 01.04.2015 - Laufzeit: 3 Jahre und 6 Monate

Göttingen, Dezember 2018

Inhaltverzeichnis

Titelblatt..... 1

Inhaltsverzeichnis..... 2

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis..... 3

Zusammenfassung..... 4

Zwischenbericht.....5-22

Literaturangabe.....23

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Karte des Studiengebiets innerhalb von Mazedonien und der Balkanregion.....8

Abb. 2: Neue Kastenfalle mit Alarmsystem auf der rechten Seite.....9

Abb. 3: Studiengebiet mit Fangstandorten 2017.....10

Abb. 4: Studiengebiet mit Fangstandorten 2018.....11

Abb. 5: Wildhüter des Nationalparks Mavrovo mit Dime Melovski (Mitte).....11

Abb. 6: Reh in Kastenfalle.....12

Abb. 7: Luchs, der aus einer defekten Falle entkam.....12

Abb. 8: Durch Luchs zerstörte Kastenfalle.....13

Abb. 9: Luchs „Martin“ bei der Besenderung.....13

Abb. 10: Luchs „Deki“ nach der Besenderung.....14

Abb. 11: Besenderung der Luchskatze „Maya“15

Abb. 12: An einer Kastenfalle fotografierter Luchs.....15

Abb. 13: Raumnutzung von Maya bis September 2018.....16

Abb. 14: Jungtier von Maya im September 2018.....16

Abb. 15: Bisher unbekannter Luchs in einer Kamerafalle.....17

Abb. 16: Hund bei der Suche nach Luchskot.....18

Abb. 17: Vom Luchs gerissene Gams.....18

Abb. 18: Benutzeroberfläche des pattern-oriented models.....21

Abb. 19: Vergleich simulierter und empirischer Streifgebietsgrößen.....21

Abb. 20: Vergleich simulierter und empirischer Schrittlängen.....22

Abb. 21: Vortrag von Projektbearbeiter Dime Melovski.....23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über Fallentage in der Fangsaison 2015/16.....9

Tabelle 2: Übersicht der Fangstandorte 201710

Zusammenfassung

Die Konnektivität von Landschaften beeinflusst die Überlebenswahrscheinlichkeit von Tierpopulationen in fragmentierten Habitaten erheblich. Dementsprechend wird Landschaftskonnektivität gerade in den letzten Jahren auch immer stärker im Naturschutz berücksichtigt, z.B. bei der Planung und Verknüpfung von Schutzgebieten durch Korridore, oder beim Bau von Wildbrücken und anderen Querungshilfen. Eine derartige Erhaltung und Förderung von Konnektivität setzt allerdings ein gutes Verständnis über die funktionale, also tatsächliche und artspezifische, Konnektivität einer Landschaft voraus. Daher sollten in der praxisorientierten Konnektivitätsforschung empirische Daten verwendet werden, die z.B. durch Telemetrie Halsbänder erhoben werden können. Ziel des Projektes war es, hierfür einen methodischen Ansatz zu entwickeln, der auf Muster-orientierter Modellierung („Pattern-oriented modeling“, POM) basiert. Beim POM wird anhand vieler verschiedener Prozesse und Parameter zunächst versucht, empirische Daten möglichst gut abzubilden. Der POM-Ansatz soll innerhalb des Projektes für den bedrohten Balkanluchs (*Lynx lynx balcanicus*) in Mazedonien entwickelt werden. Hierfür sollten Luchse mit GPS-Halsbändern bestückt werden. Das endgültige, validierte Modell sollte anschliessend verwendet, um die Eignung bestehender und zukünftiger Schutzgebiete in Mazedonien, Albanien und dem Kosovo vor dem Hintergrund ihrer funktionalen Konnektivität zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimieren.

Innerhalb des Projektes wurden drei Luchse gefangen bzw. wiedergefangen, darunter auch das erste Weibchen bei dieser Art. Allerdings blieb der Fangerfolg aus verschiedenen Gründen hinter den Erwartungen zurück und es konnte kein abwanderndes Individuum besendert werden.

Die fehlenden Daten von abwandernden Luchsen führten dazu, dass das POM zwar gut funktioniert, letztlich aber nur die Raumnutzung territorialer Individuen reproduziert. Insgesamt wurden die Ziele des Projektes nicht vollständig erreicht, denn eine Anwendung des entwickelten POMs auf ganz Mazedonien bzw. die Balkanregion steht noch aus. In Zukunft sollten verstärkt junge Individuen besendert werden, weil diese am ehesten aus dem Gebiet abwandern könnten. Zudem sollten Bemühungen verstärkt werden, um Mortalitätsraten und -ursachen beim Balkanluchs zu untersuchen. Auch wenn der letzte Schritt des ursprünglichen Plans noch nicht erfolgen konnte, ist das Projekt als Erfolg zu werten. Denn die Ergebnisse des POMs zeigen, dass die Methodik grundsätzlich gut geeignet ist, um Tierbewegungen in komplexen Landschaften zu reproduzieren. Für andere Projekte, bei denen Daten von abwandernden Individuen zur Verfügung stehen, sollte die Anwendung eines POM zur Erfassung von Landschaftskonnektivität also grundsätzlich möglich sein.

Abschlussbericht

a) Einführung und Motivation

Die Konnektivität von Landschaften beeinflusst die Überlebenswahrscheinlichkeit von Tierpopulationen in fragmentierten Habitaten erheblich. Insbesondere in Gebieten, die einer starken anthropogenen Nutzung unterliegen, bestimmt die Konnektivität der Landschaft maßgeblich die Lebensfähigkeit von Individuen, sowie den genetischen Austausch zwischen verbliebenen Populationen. Dementsprechend wird Landschaftskonnektivität gerade in den letzten Jahren auch immer stärker im Naturschutz berücksichtigt, z.B. bei der Planung und Verknüpfung von Schutzgebieten durch Korridore, oder beim Bau von Wildbrücken und anderen Querungshilfen. Eine derartige Erhaltung und Förderung von Konnektivität setzt allerdings ein gutes Verständnis über die funktionale, also tatsächliche und artspezifische, Konnektivität einer Landschaft voraus. Daher sollten in der praxisorientierten Konnektivitätsforschung empirische Daten verwendet werden, die z.B. durch Telemetriedatensätze erhoben werden können. Während bei der klassischen Radio-Telemetrie die Anzahl der Lokalisierungen pro Tier oft ein limitierender Faktor ist, können mittels moderner GPSTelemetrie sehr viele Lokalisierungen pro Tier erhoben werden, so dass ein sehr detailliertes Bild über Bewegungs- und Raumnutzungsmuster einzelner Individuen entsteht. Aufgrund der hohen Kosten von GPS-Telemetrie können allerdings oftmals nur wenige Tiere besendert werden. Somit stellt sich die Frage, wie man die detaillierten Daten von wenigen Tieren verwenden kann, um Bewegungen und Konnektivität auf Populationsebene und für größere Regionen möglichst zuverlässig hervorzusagen. Ziel des Projektes ist es, hierfür einen methodischen Ansatz zu entwickeln, der auf Muster-orientierter Modellierung („Pattern-oriented modeling“, POM) basiert. Beim POM wird anhand vieler verschiedener Prozesse und Parameter zunächst versucht, empirische Daten möglichst gut abzubilden. Über spezielle statistische Verfahren kann man die Prozesse und Parameter identifizieren, mit denen sich die tatsächlichen Daten am besten reproduzieren lassen. Diese optimalen Prozesse und Parameter können dann innerhalb von Individuen-basierten Simulationen verwendet werden, um vorherzusagen, wie sich die Daten unter anderen Bedingungen verändern würden.

b) Methodik und Projektablauf

In dem Projekt sollte ein POM-Ansatz entwickelt werden, mit dem man anhand der GPS-Daten weniger Individuen die Bewegungsmuster und Konnektivität für mehr Individuen und für eine größere Region abschätzen kann. Der POM-Ansatz sollte hierbei zunächst auf einen bestehenden Datensatz für den bedrohten Balkanluchs (*Lynx lynx balcanicus*) in Mazedonien angewendet werden. Dieser Datensatz zeigte die typischen Eigenschaften moderner GPS-Datensätze (wenige Individuen mit vielen Lokalisierungen, technisch bedingte Ausfälle und Lücken), und Kenntnisse über

Bewegungsmuster und Konnektivität bei dieser Regenschirmart werden derzeit dringend für die weitere Naturschutzplanung in der Balkanregion benötigt. Um den POM-Ansatz zu validieren, sollten weitere Individuen mit GPS-Halsbändern bestückt werden. Mit diesen neuen Daten sollte dann überprüft werden, wie gut die Simulationsmodelle die Bewegungen anderer Luchse vorhersagen. Die endgültigen, validierten Modelle sollten anschließend von der ‚Macedonian Ecological Society‘ (MES) und anderen Partnern des ‚Balkan Lynx Recovery Programme‘ verwendet werden, um die Eignung bestehender und zukünftiger Schutzgebiete in Mazedonien, Albanien und dem Kosovo vor dem Hintergrund ihrer funktionalen Konnektivität zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimieren.

Um die Ziele des Projektes zu erreichen, sollten ursprünglich folgende Arbeitsschritte durchgeführt werden:

Schritt 1: Entwicklung und Programmierung eines POM um die Bewegungsmuster von Individuen in heterogenen Landschaften zu simulieren. Dies wird innerhalb der Software Umgebung „NetLogo“ erfolgen.

Schritt 2: Extraktion von Bewegungsmustern aus empirischen Daten besonderer Luchse durch das bestehende Softwarepaket „rhr“.

Schritt 3: Statistischer Abgleich der empirischen Bewegungsmuster mit den simulierten Daten, um die wahrscheinlichsten Bewegungsregeln zu identifizieren.

Schritt 4: Verwendung der wahrscheinlichsten Bewegungsregeln, um weitere Individuen zu simulieren und so die Konnektivität der gesamten Landschaft zu erfassen.

Schritt 5: Validierung der Bewegungsmodelle mit neuen unabhängigen Daten, die für vier neu besenderte Luchse gesammelt werden.

Schritt 6: Verwendung der validierten Ergebnisse, um die Landschaftskonnektivität mit den Lokalisierungen von geplanten Nationalparks in der Balkanregion abgleichen zu können.

Wie im Folgenden beschrieben, gestaltete sich insbesondere die Gewinnung einer ausreichenden Menge an repräsentativen empirischen Daten als äußerst schwierig. Daher musste im Verlauf des Projektes der Zeitplan immer wieder angepasst werden, und der Schritt 6 konnte zum Zeitpunkt dieses Abschlussberichtes noch nicht durchgeführt werden.

c) Ergebnisse

Um das POM parametrisieren zu können, wurden während der Projektlaufzeit intensive Bemühungen unternommen, um Balkanluchse im bzw. um den Mavrovo Nationalpark zu fangen und zu besondern. Begleitend zu diesen Feldarbeiten wurden auch weitere Methoden angewandt, um mehr Informationen über die Luchse zu erlangen. Die Ergebnisse der Feldarbeiten werden im Folgenden beschrieben, bevor auf die Entwicklung des POMs eingegangen wird.

Feldarbeiten

Studiendesign

Die Feldarbeiten fanden im bzw. um den Mavrovo Nationalpark in Mazedonien statt (Abb. 1).

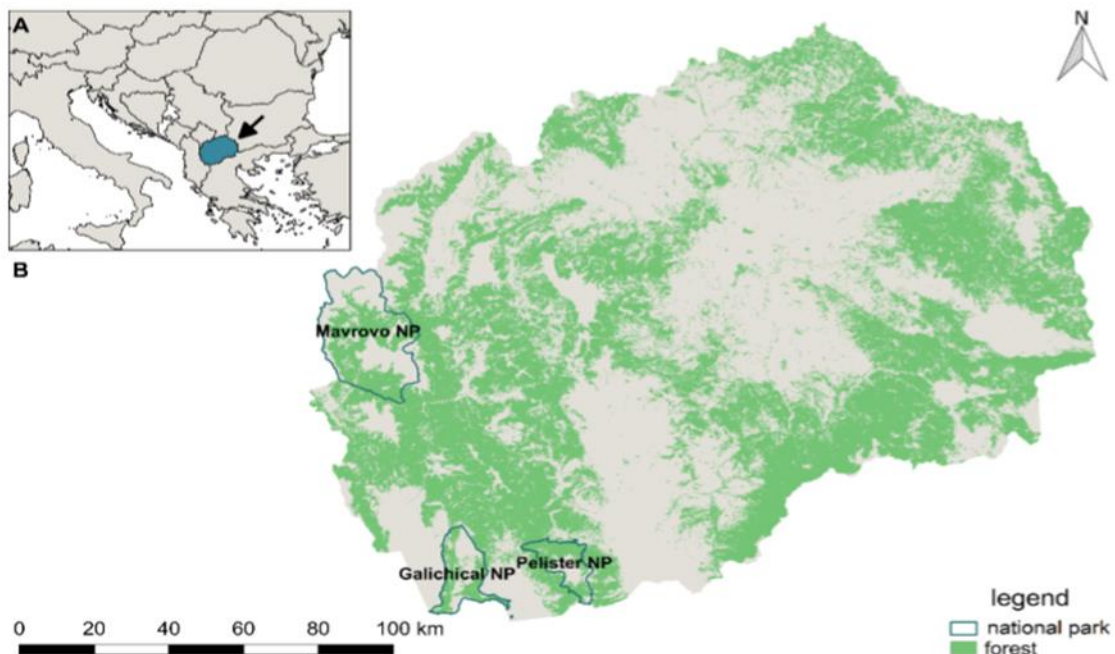


Abb. 1: Karte des Studiengebiets innerhalb von Mazedonien und der Balkanregion.

Vor Beginn des Projektes wurden Kastenfallen zur Besonderung von Luchsen hauptsächlich im südlichen Teils des Nationalparks Mavrovo aufgestellt. Im Winter 2015/16 wurden die Fallen zunächst verstärkt westlich des Parks installiert, da die Fanggenehmigung für den Nationalpark entzogen wurde. Hierfür wurden von September bis Dezember 2015 zunächst neue Kastenfallen gebaut, die sich an den Erfahrungen aus Deutschland und der Schweiz orientierten (Abb. 2). Hierbei wurde auch ein neues Alarmsystem eingebaut, das die Feldforscher per SMS über die Auslösung der Fallen informiert. Um optimale Plätze für das Aufstellen der Fallen zu finden, wurde vor der eigentlichen Fangsaison mit Kamerafallen gearbeitet, mit der lokalen Bevölkerung und Wildhütern

gesprachen und Jäger eingestellt. Insgesamt wurden in der Saison 2015/16 sechs Fallen aufgestellt und 254 Fangtage erreicht (Tab. 1).



Abb. 2: Neue Kastenfalle mit Alarmsystem auf der rechten Seite

Tabelle 1: Übersicht über Fallentage in der Fangsaison 2015/16

Falle	Aktiv von - bis	Fangtage	Koordinaten (UTM)
Box-trap 1	24.12.2015-22.03.2016	66	482784/4592003
Box-trap 2	24.12.2015-22.03.2016	65	482494/4592241
Box-trap 3	09.02.2016-22.03.2016	29	473019/4593486
Box-trap 4	20.01.2016-22.03.2016	41	465170/4579749
Box-trap 5	29.01.2016-22.03.2016	35	463755/4582698
Box-trap 6	14.03.2016-23.03.2016	9	489777/4601527

Im zweiten Jahr des Projektes wurde das Studiengebiet nochmals erweitert. Die zweite Fangsaison vom 2.2.2016 bis 30.4.2016 fand in den drei Berggebieten Stogovo, Bistra und Jablanica statt. Die dritte Fangsaison begann am 2.2.2017 und lief bis zum 30.3.2017. Hierbei wurden zwei der insgesamt sechs Kastenfallen an neue Standorten gebracht (Tab. 2).

Tabelle 2: Übersicht der Fangstandorte 2017

Kastenfalle	Zeitraum	Koordinaten	Anmerkung
Box-trap 1 – Matechkin Kamen	04.02.2017	482784/4592003	
Box-trap 2 – Suvi Dol	04.02.2017	482494/4592241	
Box-trap 3 - Gari	08.02.2016	473019/4593486	Fallen-scheuer Luchs
Box-trap 4 – Podvis	14.02.2017	489589/4591645	Falle sabotiert
Box-trap 5 - Drenok	24.02.2017	463755/4582698	
Box-trap 6 - Leshnica	12.03.2016	491469/4603200	

Die letzte Fangsaison begann am 20.1.2018. Allerdings konnten zu diesem Zeitpunkt zunächst wieder nur zwei Fallen ausserhalb des Nationalparks aufgestellt werden (Abb. 4).

DBU-Abschlussbericht

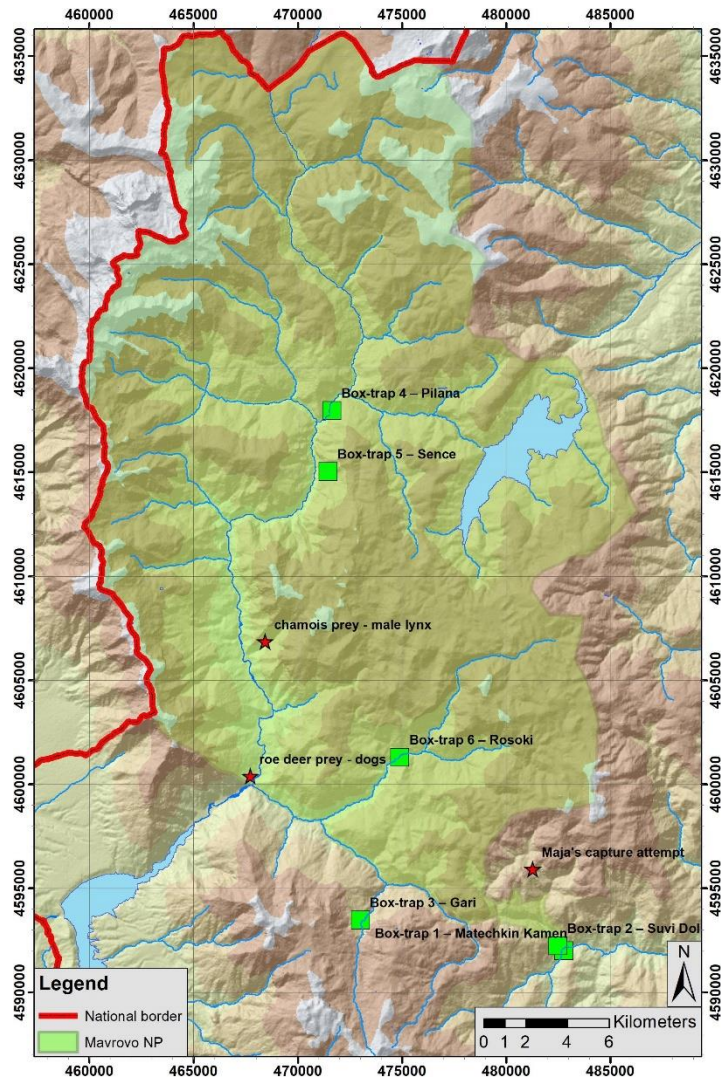


Abb. 4: Studiengbiet mit Fangstandorten 2018

Erst am 30.03.2018 konnten endlich wieder vier Fallen innerhalb des Nationalparks installiert werden. Hierbei wurden die Projektmitarbeiter/-innen maßgeblich von den örtlichen Wildhütern unterstützt (Abb. 5).



Abb. 5: Wildhüter des Nationalparks Mavrovo mit Dime Melovski (Mitte)

Der Fallenalarm wurde an 308 Fangtagen insgesamt 10x ausgelöst. Verantwortlich waren hierfür unter anderem ein Reh (Abb. 6), drei Hunde, ein Vogel, sowie zwei unbekannte Ursachen.



Abb. 6: Reh in Kastenfalle

In drei Fällen lösten Luchse die Fallen aus, jedoch führte ein in einem Fall eine defekte Tür dazu, dass ein Luchs wieder aus der Falle herausgelangte (Abb. 7).



Abb. 7: Luchs, der aus einer defekten Falle entkam.

In einem anderen Fall zerstörte ein gefangener Luchs die Seitenwände der Falle und entkam, nachdem er fast zwei Stunden in der Falle festsaß (Abb. 8). Der Fallenalarm dieser Fallen hatte nicht ausgelöst, da die SIM-Karte des Alarmmelders gestohlen worden war.



Abb. 8: Durch Luchs zerstörte Kastenfalle.

Fang und Besenderung

Bereits am 19. April 2015 – also noch vor dem Umstellen der Fallen in den westlichen Teil des Untersuchungsgebietes – konnte ein Luchskater erfolgreich in einer Kastenfalle südlich vom Mavrovo Nationalpark gefangen werden. Es handelte sich um das Individuum „Martin“ (Abb. 2), das bereits am 31.10.2012 gefangen und besendert wurde. Allerdings war bereits am 20.12.2012 die Akkukapazität des Sendehalsbandes erreicht, so dass damals lediglich 152 Ortungen gesammelt DBU-Zwischenbericht werden konnten. Nach der erneuten Besenderung von Martin (Abb. 9) konnten 485 neue Ortungen gewonnen werden, so dass für das Individuum nun insgesamt 637 Lokalisierungen zur Verfügung stehen.



Abb. 9: Luchs „Martin“ bei der Besenderung

Leider versagte auch diesmal die Technik schneller als erwartet, und das Halsband konnte am 30.8.2015 das letzte mal lokalisiert werden. Das Territorium des Tieres wurde mit der 95% Kernel

Methode auf 346 km² geschätzt; mit der 95% MCP Methode sind es 422 km². Somit hat sich das Territorium seit 2012 mehr als vervierfacht. Dies liegt einerseits sicherlich an der kurzen Senderlaufzeit von 2012, andererseits scheint Marin auch Teile des Territoriums eines verstorbenen Individuums („Marko“) übernommen zu haben. Somit scheint der südliche Teil des Mavrovo Nationalparks nur eine sehr geringe Luchsdichte und kleine Wiederbesetzungsrate von frei werdenden Territorien aufzuweisen.

Am 6.2.2016 konnte ein weiteres Männchen („Deki“) in mit einer der neu aufgestellten Fallen gefangen werden (Abb. 10). Bisher konnten für das Individuum 411 Ortungen gesammelt werden. Sein

Territorium wurde auf 869 km² (Kernel Methode) bzw. 611 km² (MCP Methode) geschätzt.



Abb. 10: Luchs „Deki“ nach der Besenderung

Am 18.2.2017 konnte das erste Luchsweibchen überhaupt gefangen und besendert werden (Abb.11). Hierbei wurde eine Fußfalle an einem frischen Rissplatz ausgelegt. Die Luchskatze mit Namen „Maya“ liefert seit dem Fangdatum GPS-Lokalisierungen und liefert so wichtige Daten zur Raumnutzung weiblicher Luchse in Mazedonien. Das bisher errechnete Streifgebiet von Maya hat eine Größe von ca. 22 km², was darauf hindeutet, dass sie ein etabliertes Territorium besitzt. Durch die GPS-Daten konnten bisher bereits vier weitere ihrer Rissplätze ausfindig gemacht werden. Diese Risse liefern u.a. wichtige Daten zu Nahrungsgewohnheiten der Luchse.



Abb. 11: Besenderung der Luchskatze „Maya“

An der Falle 3 konnte mehrmals ein bisher unbekannter Luchs in der Kamerafalle beobachtet werden, der sich zwar an die Falle heraus, jedoch nicht in sie hinein wagte (Abb. 12). Dieser Luchs zeigt also „Fallen-scheues“ Verhalten („trap shy behaviour“) und konnte bisher nicht gefangen werden.



Abb. 12: An einer Kastenfalle fotografierter Luchs

Am 21.2.2018 konnte das Weibchen Maya erneut gefangen werden. Ihr Halsband hatte am 15.2.2018 aufgehört, Daten zu senden. Durch den Wiederfang konnte sie erneut besendert werden, so dass für sie nun insgesamt 2456 Lokalisierungen gesammelt werden, was eine sehr gute Abschätzung ihres Streifgebietes ermöglicht.

Bereits 2017 wurde Maya mit einem Jungtier gesichtet, das jedoch vermutlich nicht überlebt hat. Auch 2018 führe Maja ein Jungtier, das zumindest bis zum Herbst 2018 überlebt hat (Abb. 14). Der Plan ist, das Jungtier im März 2019 zu fangen, da es sich zu diesem Zeitpunkt von seiner Mutter lösen sollte. Ob und wie die Fangbemühungen innerhalb des Luchsprojektes fortgesetzt werden können, ist derzeit allerdings ungewiss.



Abb. 14: Jungtier von Maya im September 2018.

Kamerafallen-Monitoring

Ein wichtiger Baustein im Luchsmonitoring stellen Kamerafallen dar. Auch in diesem Projekt wurden einerseits an besonders erfolgversprechenden Stellen Einzelkameras aufgestellt, um das Vorkommen der Art zu überprüfen. Andererseits wurde 2017 um den Berg Bistra ein Kamerafallen-Monitoring durchgeführt, bei dem 26 Kamerafallen systematisch platziert wurden. Hierbei wurden bisher drei Luchsfotos gemacht (Abb. 15), die vermutlich von zwei bisher unbekanntem Individuen stammen.



Abb. 15: Bisher unbekannter Luchs in einer Kamerafalle

Kotsuchhund (scat-detection dog)

Um den Erfolg bei der Detektion von Luchsen zu erhöhen, wurde innerhalb des Projektes der Einsatz eines sogenannten „scat-detection dogs“ (deutsch: Kotsuchhund) erprobt. Der Fund von Kot hat neben der Detektion der Tierart auch den Vorteil, dass auch Nahrungsanalysen und genetische Bestimmung der Individuen möglich sind. Für die Erprobung reisten zwei Studierende der Georg August-Universität Göttingen nach Mazedonien und brachten einen eigens trainierten Suchhund mit. Dieser wurde vom 5.2. bis 4.3.2017 eingesetzt, um an 40 ausgewählten Stellen nach Luchskot zu suchen (Abb. 16). Zwanzig dieser Stellen wurden zufällig anhand eines 2x2 km großen Rasters ausgewählt, weitere 20 lagen entlang von Strassen. Bei der Aktion wurden mehrere mögliche Luchshaufen gefunden, die derzeit in Göttingen weiter analysiert werden. Die Verwendung von Kotsuchhunden erscheint somit eine vielversprechende Ergänzung für das Luchsprojekt darzustellen.



Abb. 16: Hund bei der Suche nach Luchskot

Nahrungsanalysen

Durch das Auffinden der Rissplätze konnten Nahrungsreste bei Martin und Deki analysiert werden. Bei beiden Tieren befanden sich die Rissplätze hauptsächlich in Eichen- und Mischwäldern, aber auch in Buchenwäldern. Bei Marko konnte 6x Rehwild und 3x Feldhase als Beute identifiziert werden. Bei Deki war es 8x Rehwild. Ab Dezember 2015 werden alle Rissfunde noch eingehender untersucht. So konnten wir bei den Rissen von Deki auch bei vier Fällen das Geschlecht der gerissenen Rehe feststellen (2x männlich, 2x weiblich). Für Maja wurden insgesamt 21 Risse identifiziert, davon 15 Rehe und 2 Hasen. Außerdem wurden wenn möglich Kamerafallen an den Rissplätzen angebracht, Luchskot für detailliertere Nahrungsanalysen Rehwildunterkiefer für eine Altersabschätzung der Beutetiere gesammelt. Auch eine Gams wurde von einem Luchs erlegt (Abb. 18), der hierfür verantwortliche Luchs konnte jedoch nicht identifiziert werden.



Abb. 17: Vom Luchs gerissene Gams.

Diskussion der Feldarbeiten

Ein Grund für den suboptimalen Fangerfolg während der Projektlaufzeit ist die sehr geringe Luchsdichte von geschätzten 0,8 Individuen / 100 km². Ein mindestens ebenso ausschlaggebender Punkt ist aber auch die Tatsache, dass die Mitarbeiter unseres Projektpartners (Macedonian Ecological Society, MES) keine Feldarbeiten im Mavrovo Nationalpark durchführen dürfen. Diese rein politische Problematik führte dazu, dass wir ausgerechnet in den Gebieten nicht fangen dürfen, wo die Erfolgchancen am höchsten sind. Nach den Wahlen Ende 2017 wurde zwar Anfang 2018 ein neuer, wesentlich kooperationsbereiter Nationalparkleiter eingeführt, er kam für unser Projekt aber letztlich zu spät. das derzeitige Fangverbot im Park nicht erneuert.

Abgesehen von der Nationalparkleitung war die Unterstützung durch die lokale Bevölkerung über die gesamte Projektlaufzeit sehr groß.

Insbesondere die Zusammenarbeit mit Jägern und Wildhütern hat sich gerade im letzten Jahr sehr positiv entwickelt und ermöglichte uns die Durchführung des Projektes auch außerhalb des Nationalparks.

Analysen und Modellierarbeiten

Insgesamt standen für die Analysen trotz der intensiven Feldarbeiten (s.o.) nur vier Individuen (3 Männchen, 1 Weibchen) mit ausreichender Datenmenge zur Verfügung. Anhand dieser Individuen haben wir zunächst die Raumnutzung analysiert und dabei durchschnittliche Steifgebietsgrößen von $425 \pm 151 \text{ km}^2$ (MCP-Methode) bzw. $574 \pm 237 \text{ km}^2$ (Kernel-Methode) festgestellt. Auch die Habitatnutzung wurde analysiert. Hierbei konnten wir große individuelle Unterschiede feststellen, insgesamt bevorzugten Balkanluchse innerhalb ihrer Streifgebiete jedoch sehr deutlich Wälder und halboffene Berghänge, während landwirtschaftliche Felder und Wiesen gemieden werden.

Diese Ergebnisse wurden auch in das POM integriert, das in der Software NetLogo implementiert wurde. Die Implementierung wurde teilweise innerhalb der Masterarbeit von Sarah Lange „*Pattern-oriented modeling of Balkan lynx movement in Macedonia*“ im Studiengang „*Biodiversity, Ecology and Evolution*“ an der Georg-August-Universität Göttingen realisiert (Erstbetreuer Prof. Niko Balkenhol, Zweitbetreuerin: Prof. Kerstin Weigand).

Das Modell simuliert die Bewegungen einzelner Individuen und versucht durch die Auswahl geeigneter Parameter die tatsächlichen, empirisch gewonnenen Bewegungsdaten möglichst genau nach zu modellieren. Zielgrößen für die Bewertung der Güte des Modells waren hierbei nicht nur die Steifgebietsgrößen der besenderten Luchse (s.o.), sondern auch deren Schrittlängen und -winkel. Das Modell verwendet dabei insgesamt 25 weitere Parameter, die auf der Grundlage von publizierten Forschungsergebnissen aus anderen Luchsprojekten festgelegt wurden. Abb. 18 zeigt einen Screenshot der Modelloberfläche, wobei grüne Flächen Luchshabitat darstellen, braune Punkte zeigen das Vorkommen von Beutetierarten.

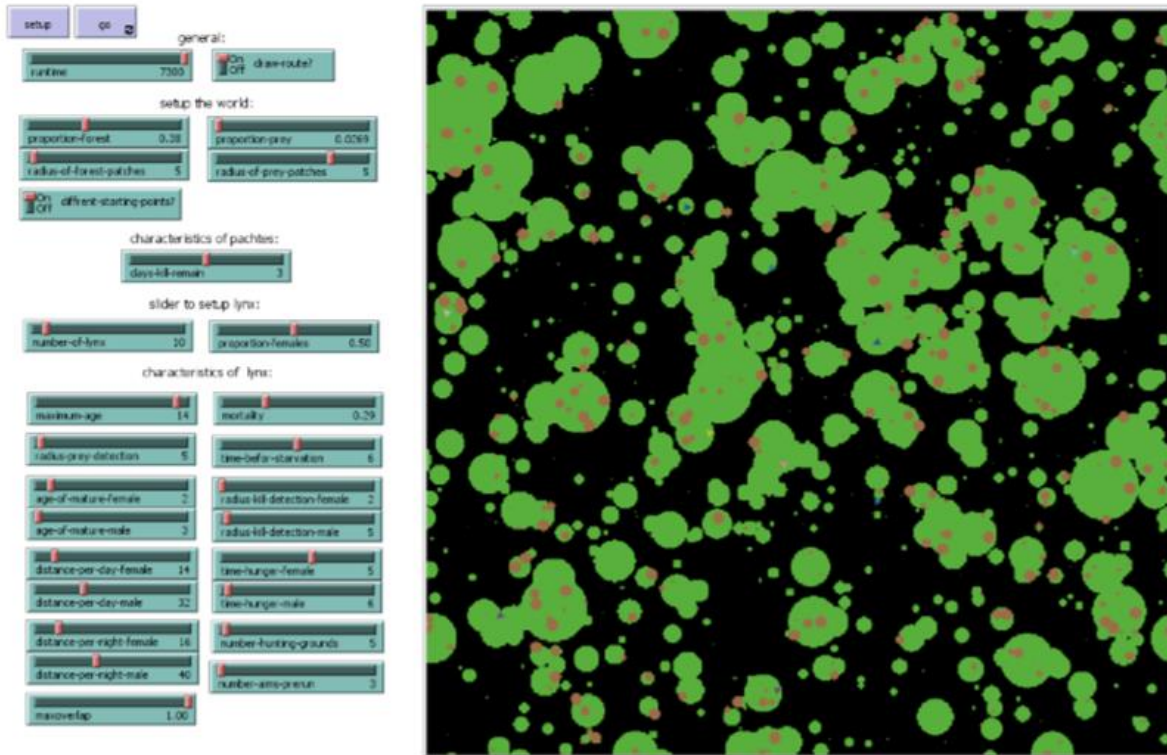


Abb. 18: Benutzeroberfläche des pattern-oriented models (aus Lange 2018).

Die Validierung des Modells anhand der empirischen Daten zeigt, dass die tatsächlichen Bewegungen der vier Individuen mit bestimmten Parameterkombinationen grundsätzlich gut simuliert werden können. So können z.B. die Streifgebietsgrößen (Home Ranges; Abb. 20) sowie die Schrittlängen sehr gut nachempfunden werden (Abb. 21). Hingegen konnten die Schrittwinkel nicht genau reproduziert werden, was jedoch auch daran liegen kann, dass die „Schritte“ der empirischen Daten eigentlich aus vielen Einzelschritten bestehen, die nicht erfasst werden können.

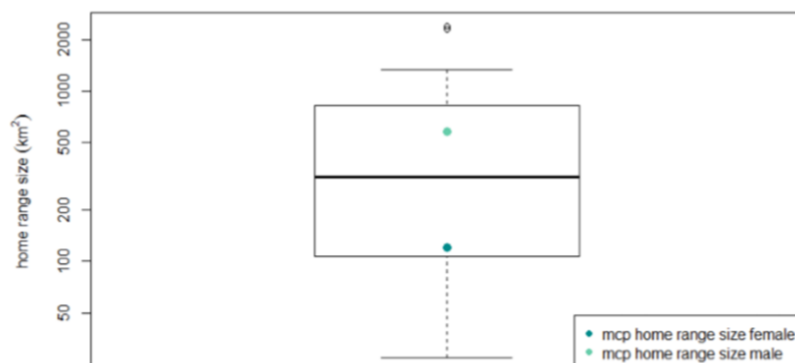


Abb. 19: Vergleich simulierter und empirischer Streifgebietsgrößen (aus Lange 2018). Die simulierten Streifgebiete („home range“) sind ähnlich groß wie die tatsächlichen Streifgebiete vom Katze (female) und Katern (male).

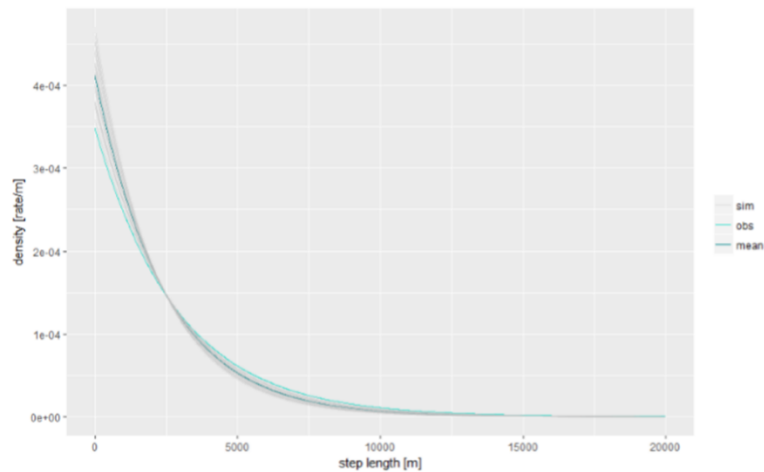


Abb. 20: Vergleich simulierter und empirischer Schrittlängen (aus Lange 2018). Die simulierten Schrittlängen („mean“) ähneln stark den tatsächlichen Schrittlängen („obs“).

Die Ergebnisse des POMs zeigen deutlich, dass für die Bewegungsmuster zwei Variablen besonders wichtig sind. Erstens die ausreichende Verfügbarkeit geeigneter Waldflächen für die Etablierung von Steifgebieten. Die Verfügbarkeit wird hierbei nicht allein durch das Habitat bestimmt, sondern hängt auch davon ab, ob die Flächen noch „frei“, oder bereits von einem anderen, gleichgeschlechtlichen Individuum besetzt sind. Ebenso ausschlaggebend für die Raumnutzung der Luchse ist das Vorkommen bzw. die räumliche Verteilung von Beutetieren. Hier liegt jedoch auch eine Schwäche des Modells, denn modelliert wurde das statische Vorkommen von Beutetieren, während die Beutetiere in der Realität natürlich selber mobil sind. In der Realität werden Luchse sich also an die Bewegungen ihrer Beutetiere anpassen, was jedoch durch das Modell nicht erfasst bzw. reproduziert werden kann.

Das größte Hindernis bei der ursprünglich geplanten Anwendung des entwickelten POMs ist allerdings die fehlende Datengrundlage für tatsächlich abwandernde Individuen. Alle besenderten Luchse blieben im bzw. um den Mavrovo Nationalpark, und orientierten sich somit vor allem an den Variablen „Habitat“ und „Beutetiere“. Es ist sehr wahrscheinlich, dass abwandernde Luchse sich anders durch die Landschaft bewegen, als Tiere mit einem etablierten Territorium in einem Schutzgebiet. Es ist daher fraglich, ob eine Anwendung des Modells zur Vorhersage von potentiellen Bewegungskorridoren (siehe Einleitung, Schritt 6) sinnvolle Ergebnisse liefern wird. Dennoch hat das POM eine wichtige Wissenslücke in Bezug auf den Balkanluchs identifiziert. Denn die simulierten Luchse hatten eine sehr hohe Mortalität mit den Parametern, die zu einer guten Abbildung der tatsächlichen Bewegungsmuster führten. Empirische Daten zur Mortalität von Balkanluchse für eine

Validierung dieser Ergebnisse liegen leider nicht vor, sie wären aber wichtig für ein besseres Verständnis der Luchsentwicklung in der Balkanregion. Denn die Mortalitätswahrscheinlichkeit wurde im Modell anhand anderer europäischer Luchspopulationen parametrisiert, bei denen jedoch insbesondere Strassenmortalität und Wilderei eine große Rolle spielen. Zusammengenommen weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass die mangelnde Vernetzung der Teilpopulationen des Balkanluchses, sowie die kaum stattfindende Ausbreitung der Art innerhalb von Mazedonien, sich nicht unbedingt auf geringe Habitatverfügbarkeit zurückführen lassen. Stattdessen könnten auch die folgenden Gründe ausschlaggebend sein: a) Luchse im bzw. um den Mavrovo Nationalpark finden in dem Gebiet ausreichend freie Territorien und Beutetiere, so dass eine Abwanderung für sie nicht nötig ist, und/oder b) Abwandernde Luchse haben ein sehr hohes Mortalitätsrisiko ausserhalb des Mavrovo Gebietes, so dass eine erfolgreiche Abwanderung in andere Regionen erschwert wird. Auch wenn diese Interpretation

d) Öffentlichkeitsarbeit, Veröffentlichungen und Vorträge

Die Ergebnisse wurden auf www.mes.org.mk, sowie auf Facebook (<https://www.facebook.com/balkanlynx/>) der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Neben dem Projektdurchführenden Dime Melovski waren hieran auch drei Mitarbeiter der MES beteiligt (Gjorgje Ivanov, Aleksander Stojanov, Vasko Avukatov). Sie halfen u.a. bei der Öffentlichkeitsarbeit und der Bereitstellung anderer Daten (Umweltdaten, Luchsdichte Abschätzungen etc.). Vom 18. bis 22.10.2016 organisierte unsere Partnerorganisation MES zudem eine wissenschaftliche Tagung mit mehr als 300 Teilnehmern und Teilnehmerinnen (Vth Congress of Ecologist of Macedonia). Hierbei präsentierte Projektbearbeiter Dime Melovski auch die Ergebnisse des ersten Manuskriptes "First insight into the spatial and feeding ecology of the critically endangered Balkan lynx (*Lynx lynx balcanicus* Bureš, 1941)". Dieses Manuskript soll Anfang 2019 bei der Open Access Zeitschrift Acta Zoologica Bulgarica eingereicht werden.



Abb. 21: Vortrag von Projektbearbeiter Dime Melovski

e) Fazit und Ausblick

Das Projekt gestaltete sich durch das völlig unerwartete Arbeitsverbot im Nationalpark sehr zäh. Zusätzlich wurde die Datengewinnung durch die häufig ausfallende Technik der Satellitenhalsbänder erschwert. Die fehlenden Daten von abwandernden Luchsen führten dazu, dass das POM zwar gut funktioniert, letztlich aber nur die Raumnutzung territorialer Individuen reproduziert. Insgesamt wurden die Ziele des Projektes nicht vollständig erreicht, denn eine Anwendung des entwickelten POMs auf ganz Mazedonien bzw. die Balkanregion steht noch aus. Diese soll jedoch, nach Anpassung des POMs, in 2019 durch Mitarbeiter von MES erfolgen. Da jedoch keine empirischen Daten von abwandernden Luchsen zur Verfügung stehen, können das angepasste POM, bzw. dessen Ergebnisse, nicht validiert werden. Durch das Projekt konnten die Feldarbeiten wesentlich optimiert werden, und die neue Situation im Mavrovo Nationalpark lässt darauf hoffen, dass zukünftige Fangaktionen leichter durchzuführen sein werden. Bei diesen Fängen sollten verstärkt junge Individuen besendert werden, weil diese am ehesten aus dem Gebiet abwandern könnten. Zudem sollten Bemühungen verstärkt werden, um Mortalitätsraten und -ursachen beim Balkanluchs zu untersuchen. Auch wenn der letzte Schritt des ursprünglichen Plans noch nicht erfolgen konnte, ist das Projekt als Erfolg zu werten. Denn die Ergebnisse des POMs zeigen, dass die Methodik grundsätzlich gut geeignet ist, um Tierbewegungen in komplexen Landschaften zu reproduzieren. Für andere Projekte, bei denen Daten von abwandernden Individuen zur Verfügung stehen, sollte die Anwendung eines POM zur Erfassung von Landschaftskonnektivität also grundsätzlich möglich sein.

Literaturangabe

Lange, S. (2018) „*Pattern-oriented modeling of Balkan lynx movement in Macedonia*“. Masterarbeit im Studiengang „*Biodiversity, Ecology and Evolution*“ an der Georg-August-Universität Göttingen.