

## Abundanz und Dichte der Luchse: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura



Koordinierte Forschungsprojekte zur Erhaltung und zum Management der Raubtiere in der Schweiz.  
Coordinated research projects for the conservation and management of carnivores in Switzerland.  
Projets de recherches coordonnés pour la conservation et la gestion des carnivores en Suisse.

KORA Bericht Nr. 37d

**Abundanz und Dichte der Luchse:**

**Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura**

**Autor**  
**Auteur**  
**Author**

Fridolin Zimmermann, Julien Fattebert, Christine Breitenmoser-Würsten & Urs Breitenmoser

**Bearbeitung**  
**Adaptation**  
**Editorial**

Fridolin Zimmermann (Layout)

**Bezugsquelle**  
**Source**  
**Source**

Als Pdf: <http://www.kora.ch>

**Titelbild**  
**Page de titre**  
**Front cover picture**

B93 fotografiert bei Egerkingen  
(SO) © KORA

Anzahl Seiten/Pages: 24

ISSN 1422-5123

© KORA August 2007

**Abundanz und Dichte der Luchse:  
Fang-Wiederfang-Schätzung mittels  
Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura**

Fridolin Zimmermann, Julien Fattebert, Christine Breitenmoser-  
Würsten & Urs Breitenmoser

## Dank

Wir danken allen ganz herzlich, die uns bei der Durchführung des systematischen Fotofallen-Durchgangs im nördlichen Jura in irgend einer Form unterstützt haben. Besonders danken wir:

- Allen Wildhütern, Jägern und Naturfreunden der beiden *Luchsgruppen*, die uns bei der Wahl der Standorte sowie beim Aufstellen, der Kontrollen und dem Abbruch der Fotofallen geholfen haben, insbesondere, S. Balmer, P. Galeuchet, F. Maeder, J.-P. Monnerat, J.-C. Schaller, T. Studer, L. Tschanz, D. Zöpfli, J. Bader, E. Balmer, H.-U. Aegerter, M. Borer, M. Buchwalder, H.-P. Dreier, A. Hess, R. Känzig, L. Oppliger, S. Roth, F. Schmid, W. Schmutz, S. Schneiter, V. Stampfli, H. Wampfler, H. Wehrli, N. Bourquin, S. Gerber, C. Grünenwald, J. Ioset, A. Kammermann, B. Lehmann, A. Nikles, Ph. Riat, N. Rochat Wehrli, D. Rohrer und A. Saunier;
- Allen Verantwortlichen der beteiligten kantonalen und eidgenössischen Institutionen, namentlich M. Baumann, I. Bloch, P. Juesy, Ch. Noël, M. Tschan, Ch. Jäggi und R. Schnidrig für ihre professionelle Unterstützung;
- A. Montavon und J. Ioset sowie P. und R. von Arx für ihre Gastfreundschaft während der Feldarbeit;
- Der Praktikantin B. Reichhart für ihre Hilfe zu Beginn des Durchgangs;
- A. Pittet vom CEDT, IISc Bangalore für das Ausleihen von drei indischen digitalen Fotofallen.

Digitale geographische Daten:

Gewässer und politische Grenzen: GEOSTAT, © Bundesamt für Statistik; Euromaps, © Bartholomew;

Bevölkerungsdichte: GEOSTAT, © Bundesamt für Statistik;

Siedlungen, Verkehrswege und Wald: Vector 200, © Bundesamt für Landestopographie; Euromaps, © Bartholomew;

Digitales Höhenmodell: DHM25, RIMINI, © Bundesamt für Landestopographie; MONA Pro Europe 250 m,

© GEOSYS DATA;

Landnutzung: AS85r, AS97, © Bundesamt für Statistik GEOSTAT; CORINE Land Cover, © Bundesamt für Statistik GEOSTAT für die Schweiz und Europäische Umweltagentur für die übrigen Gebiete;

Grenzen des Alpenraumes gemäss der Alpenkonvention: © Réseau Alpin des Espaces Protégés.

**Abundanz und Dichte der Luchse:  
Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen  
im nördlichen Schweizer Jura**

**Inhalt**

|  |    |
|--|----|
| Dank.....  | 4  |
| Zusammenfassung.....   | 6  |
| Résumé.....  | 6  |
| English executive summary .....  | 7  |
| Einleitung.....  | 9  |
| Untersuchungsgebiet.....   | 9  |
| Material und Methode.....  | 9  |
| Intensiver Fotofallen-Einsatz .....  | 9  |
| Minimale Anzahl unabhängiger Luchse.....                                     | 10 |
| Überlappungsgrad der Wahrscheinlichkeitsräume der fotografierten Luchse..... | 10 |
| Schätzung der Abundanz und der Dichte mittels Fang-Wiederfang Methodik.....  | 11 |
| Resultate.....   | 12 |
| Materialverlust .....  | 12 |
| Effektive Fallennächte und Gründe der Auslösungen.....                       | 12 |
| Minimale Anzahl Luchse .....   | 14 |
| Überlappungsgrad der Wahrscheinlichkeitsräume der fotografierten Luchse..... | 14 |
| Schätzung der Abundanz nach Fang-Wiederfang Methodik.....                    | 17 |
| Schätzung der Dichte .....   | 18 |
| Diskussion.....  | 18 |
| Referenzen .....   | 21 |

## Zusammenfassung

Der systematische Fotofallen-Durchgang für die Erfassung der Luchse wurde während 60 Nächten vom 16. Februar bis am 17. April 2007 im nördlichen Jura durchgeführt. 54 Standorte wurden mit je einer „Master-Fotofalle“ und einem gegenüberliegenden „Slave“ bestückt, um beide Flanken der Tiere erfassen zu können, was eine eindeutige Identifikation der Luchse ermöglicht. Die potenziellen Fallennächte lagen bei 3240 Nächten, diese reduzierten sich aber durch diverse Ausfälle auf einen effektiven Wert von 2727 Nächten, was 84,2% des Potenzials entspricht. Eine minimale Anzahl von 9 Luchsen wurde während dem Durchgang nachgewiesen. Die Verteilung der Luchsnachweise war innerhalb des Untersuchungsgebietes jedoch sehr heterogen, so konzentrierten sie sich vor allem auf den Kanton SO und das angrenzende Gebiet der Kantone BE und JU. Entsprechend ist auch dort die Dichte wesentlich höher als die durchschnittlich im Referenzgebiet geschätzten  $1,13 \pm 0,39$  selbständigen Luchsen pro  $100 \text{ km}^2$  ( $\pm \text{SF}$ ). Diese Dichteschätzung wurde an Hand der Fang-Wiederfang Methodik ermittelt, die  $10,0 \pm 3,4$  selbständige Luchse im ganzen Referenzgebiet ergab. Die geschätzte Dichte ist leicht höher als jene aus der radiotelemetrischen Studie Anfang der 90er Jahre im südlichen Jura, welche zwischen 0,84-0,99 selbständigen Luchsen pro  $100 \text{ km}^2$  lag. Sie ist aber tiefer als jene von  $1,53 \pm 0,24$  selbständigen Luchsen pro  $100 \text{ km}^2$ , die im Referenzgebiet in den Nordwestalpen im Winter 2005-06 mittels Fotofallen gemessen wurde. Unsere Ergebnisse zeigen, dass es trotz einer geringeren Fangwahrscheinlichkeit möglich ist, im Jura die Luchspopulation an Hand der Fang-Wiederfang Methodik zu schätzen.

## Résumé

Le piégeage photographique du lynx (*Lynx lynx*) a été effectué durant 60 nuits, du 16 février au 17 avril 2007, dans le Nord du Jura suisse. Cinquante-quatre sites ont été surveillés à l'aide d'un système double de pièges photographiques et pièges esclaves – réagissant au flash des premiers – permettant de photographier les deux flancs des lynx pour permettre leur identification individuelle certaine. L'effort de capture potentiel était de 3240 nuits de capture. Pour différentes raisons l'effort réalisé fut de 2727 nuits de capture, soit 84.2% du potentiel. Un nombre minimum de neuf lynx indépendants a été détecté au cours des deux mois d'échantillonnage. La répartition des détections de lynx dans la zone d'étude est cependant très hétérogène. Elles se concentrent avant tout dans le canton de SO et les régions attenantes des cantons de BE et JU. Il en suit que la densité y est substantiellement plus élevée que la densité moyenne de  $1.13 \pm 0.39$  lynx indépendants pour  $100 \text{ km}^2$  ( $\pm \text{ET}$ ) calculée sur l'ensemble de la zone de référence. Cette densité a été calculée au moyen de la méthode de capture-recapture qui estime que  $10.0 \pm 3.4$  lynx indépendants étaient présents dans l'ensemble de la zone de référence. La densité observée est légèrement plus haute que les 0.84-0.99 lynx indépendants pour  $100 \text{ km}^2$  calculées pour le Sud du Jura suisse lors d'études télémétriques dans les années nonante, mais plus petite que celle de  $1.53 \pm 0.24$  estimée par capture-recapture photographique dans le Nord-Ouest des Alpes suisses durant l'hiver 2005-06. La capture recapture photographique est une méthode applicable pour l'estimation de l'abondance et de la densité des lynx dans le Jura, malgré une probabilité de capture plus petite que dans les Alpes.

## English executive summary

Reliable data on abundance and density of a species enables applying sound conservation and management measures. Knowledge of these state variables and their evolution in space and time is central for implementing the *Swiss Lynx Concept* (OFEPF 2004), a management plan for Eurasian lynx *Lynx lynx* in Switzerland. Lynx, however, are difficult to count as they are elusive, cryptic animals with large home ranges (Breitenmoser *et al.* 1993), hence naturally living at low densities. It is nowadays a common tool to non-invasively assess abundance and density of free ranging, naturally marked felid species using camera-trap sampling in the framework of capture-recapture methodologies (e.g. Jackson *et al.* 2006, Karanth *et al.* 2004, Karanth & Nichols 1998, Kawanishi & Sunquist 2004, Maffei *et al.* 2004, O'Brien *et al.* 2003, Silver *et al.* 2004, Soisalo & Cavalcanti 2006, Trolle & Kéry 2003, Wegge *et al.* 2004). Lynx also have distinctive individual coat markings (Laass 1999, Thüler 2002), and this characteristic is used to identify individuals on photographs (Fattebert & Zimmermann 2007; Laass 1999; Zimmermann *et al.* 2006) and build their history of capture. The aim of the present study was to estimate the abundance and density of lynx in the northern Swiss Jura, using camera trap sampling and capture-recapture methodologies.

The study area was located in the northern Swiss Jura, a secondary limestone mountain chain at the western border of Switzerland with France. The sampling zone was divided in grid-cells of 2.7 km x 2.7 km each, following Laass (1999). Between 16<sup>th</sup> February-18<sup>th</sup> April 2007, every second grid-cell was sampled (54 sampling sites) using two camera-traps facing to each other to picture both flanks of the lynx, enabling for certain individual identification (Zimmermann *et al.* 2004). An important requirement of the method is that no target-species individual within the sampled area had a zero probability of being captured, and there should be at least one sampling site per smallest home range (Karanth & Nichols 1998; Nichols & Karanth 2002). Accounting for values from the study in the 1990's in the southern Swiss Jura (Breitenmoser *et al.* 1993), we obtained a rough density of 11 camera sites per average female home range.

We conducted the camera trapping over 60 nights

(2 months), a period likely short enough to meet the population closure assumptions (no recruitment, no depletion). Consecutive 5-night periods were defined as capture occasions (Zimmermann *et al.* 2006). Capture history data of independent lynx (*i.e.* exclusive of dependant cubs roaming within their mother's home range) were analysed using the module CAPTURE for closed-population estimates of abundance included in program MARK (White & Burnham 1999). To check for the closure assumption, we used program CLOSETEST (Stanley & Burnham 1999). Eight models for abundance estimates are implemented in CAPTURE that differ in their assumptions and may account for different sources of capture probabilities variation (Otis *et al.* 1978; Pollock *et al.* 1990). Between-model tests and overall test were computed in CAPTURE to help selecting the most appropriate model for the given dataset.

Density of independent lynx was calculated as the abundance estimate divided by the effectively sampled area ( $\hat{A}$ ). Three areas have been considered: (i) a reference area was defined according to our knowledge of home range establishment and spatial structure of the Eurasian lynx; (ii) the polygon formed by the outermost camera-trap sites, plus a buffer area of a width ( $W$ ) equal to half the mean maximum distance between trap-sites for individuals captured on at least two different sites (e.g. Karanth & Nichols 1998; Nichols & Karanth 2002); and (iii) the suitable habitat area, by subtracting areas of non-lynx habitat using a habitat suitability model developed by Zimmermann & Breitenmoser (2002). This to enable comparisons, as the proportion of suitable habitat within the reference area can considerably differ between ecoregions (e.g. Jura vs Alps).

## Results

Potential sampling effort was 3240 trap-nights. However, due to technical failures, programming errors and sabotage the effort was reduced to 2727 trap nights, representing 84.2% of the potential. (Fig. 3).

Nine independent lynx were detected during the intensive photo-trapping. There is an uneven distribution of the lynx detections within the study area. Lynx were detected mainly in the canton of

Solothurn and the adjoining areas of the cantons of Bern and Jura. Correspondingly the density is locally higher than the mean density calculated for the whole reference area. Model  $M_h$  was selected second after  $M_o$ , which assumes no variation in capture probabilities – a situation rather unrealistic in natural conditions. Because of differences in movement patterns of male and female lynx, we expected model  $M_h$ , which accounts for individual heterogeneity of capture probabilities to best fit our dataset. Abundance estimate under model  $M_h$  was  $10 \pm 3.4$  independent lynx ( $\pm$  SE). Density estimate was  $1.13 \pm 0.39$  independent lynx per 100 km<sup>2</sup> in the reference area (Tab. 2). This density was slightly higher than the 0.84-0.99 independent lynx per 100 km<sup>2</sup> observed during a telemetry study in the 1990s in the southern Jura Mountains but lower than the  $1.53 \pm 0.24$  assessed by camera-trapping in winter 2005-2006 in the North-Western Swiss Alps.

Photographic capture-recapture proved to be a feasible method to assess lynx abundance and density in the Jura Mountains at an absolute level, although the capture probability was lower compared to previous studies. However, this first essay in the Jura Mountains constituted rather a pilot-study. Experience should enable to optimise sampling-sites selection enhancing lynx detection rate, strengthening precision and accuracy of statistical inferences on the dataset (Nichols & Karanth 2002). We recommend further studies to be conducted in the same reference area and in other parts of the Jura Mountains to enable analysis of the population size evolution in time and space, respectively.



## Einleitung

Seit 2000 ist die Zahl der Zufallsbeobachtungen im nördlichen Teil des Juras gestiegen, was auf eine räumliche und numerische Zunahme des Luchses in diesem Teil des Massivs zurückzuführen ist (Zimmermann *et al.* 2006). Die Gründung der *Luchsgruppe*<sup>a</sup> im Jahr 2002 hat die Erfassung der Zufallsbeobachtungen – und damit das Monitoring – wesentlich verbessert. Die Interkantonale Kommission des Kompartiments I (Jura)<sup>b</sup> wollte jedoch eine Schätzung der absoluten Luchsdichte im nördlichen Jura und hat das Programm KORA beauftragt, die Abundanz des Luchses in diesem Gebiet zu ermitteln.

Nur zuverlässige Daten über die Entwicklung der Abundanz und der Dichte einer Art in Raum und Zeit erlauben, gezielte und angemessene Schutz- und Managementmassnahmen zu implementieren. Im Rahmen des *Konzept Luchs Schweiz* (BAFU 2004) sind unter anderem zuverlässige Daten über die Entwicklung der Luchsbestände in einem Gebiet gefordert, um Managemententscheidungen treffen zu können. Luchse sind diskret und unauffällig, haben grosse Reviere (Breitenmoser *et al.* 1993) – und dementsprechend geringe Dichten – und sind deshalb schwierig zu zählen.

Heute ist das Monitoring mittels Fotofallen<sup>c</sup> eine allgemein akzeptierte Technik, um die Abundanz und die Dichte natürlich markierter Katzenarten zu schätzen (z.B. Jackson *et al.* 2006, Karanth *et al.* 2004, Karanth & Nichols 1998, Kawanishi & Sunquist 2004, Maffei *et al.* 2004, O'Brien *et al.* 2003, Silver *et al.* 2004, Soisalo & Cavalcanti 2006, Trolle & Kéry 2003, Wegge *et al.* 2004). Jeder Luchs besitzt ein charakteristisches individuelles Fellmuster (Laass 1999, Thüler 2002). Diese Eigenschaft ermöglicht, ein Individuum an Hand von qualitativ ausreichenden Bildern zu identifizieren und später wiederzuerkennen (Abb. 1; Fattebert & Zimmermann 2007, Laass 1999, Zimmermann *et al.* 2006). Dies erlaubt weiter eine Schätzung der Population mit Hilfe der Fang-Wiederfang Methodik (z.B. Ni-

chols 1992, Otis *et al.* 1978, Pollock *et al.* 1990).

Das Ziel dieser Studie ist, einen ersten systematischen Einsatz von Fotofallen basierend auf der seit 1998 in den Alpen angewendeten Methodik (Laass 1999) im nördlichen Jura durchzuführen um die Machbarkeit dieser Methodik im Jura zu prüfen, und eine Schätzung der Abundanz und Dichte an Hand der Fang-Wiederfang Statistik zu liefern.

## Untersuchungsgebiet

Die Studie wurde von der Nacht vom 16./17. Februar bis zum 16./17. April 2007 durchgeführt. Das Untersuchungsgebiet, das als zukünftiges „Referenzgebiet“ im voraus mit der IKK-I Jura abgesprochen wurde, wird durch das Mittelland gegen Süd-Osten, das Vallée de Delémont im Nord-Westen, Biel im Süd-Westen und Hägendorf im Nord-Osten begrenzt (Abb. 1). Es wurde so gewählt, dass (i) die Fläche ausreichend gross und damit repräsentativ ist für die Luchspopulation im nördlichen Schweizer Jura, (ii) das Referenzgebiet vergleichbar zu den Untersuchungen in den Alpen (z.B. Zimmermann *et al.* 2006) ist und (iii) es sich über mehrere Kantone erstreckt. Das Gebiet wurde mittels eines Habitatmodells (Zimmermann & Breitenmoser 2002) so begrenzt, dass ungeeignete Gebiete, die vom Luchs generell gemieden werden, ausgeschlossen wurden.

## Material und Methode

### Intensiver Fotofallen-Einsatz

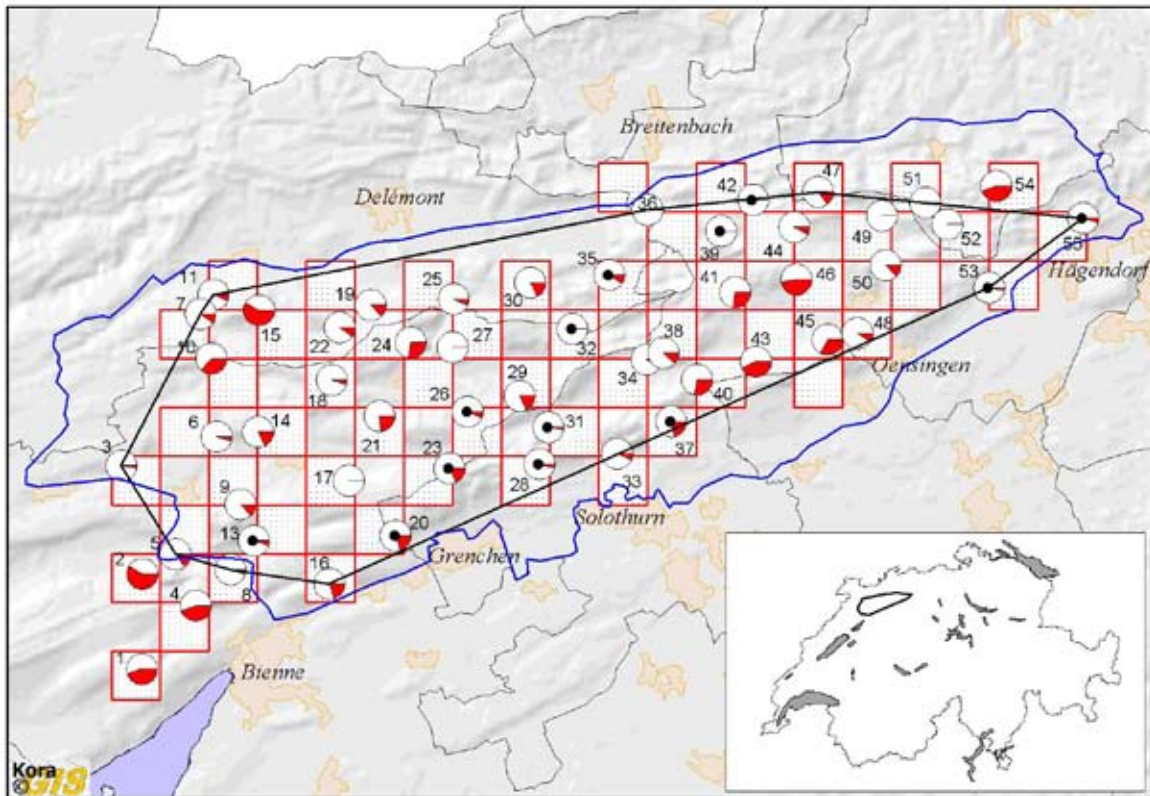
Um die regelmässige Verteilung der Fotofallen zu gewährleisten und mit anderen Fotofallen-Einsätzen kompatibel zu sein, wurde ein 2,7 x 2,7 km Raster auf das Untersuchungsgebiet gelegt (nach Laass 1999). In jedem zweiten Raster wurde ein Fotofallenstandort gewählt (= 54 Standorte) und mit einer „Master-Fotofalle“ und einem gegenüberliegenden „Slave“<sup>d</sup> bestückt, um beide Flanken der Tiere erfassen zu können, was eine eindeutige Identifikation der Luchse ermöglicht (Zimmermann *et*

<sup>a</sup> Gruppe von interessierten Personen (Wildhüter, Jäger, Naturfreunde), die beim Sammeln und Erfassen der Luchsnachweise mithelfen.

<sup>b</sup> Die IKK-I des Grossraubtierkompartiments Jura besteht aus Vertretern des Bundesamts für Umwelt BAFU und der Kantone Waadt, Neuenburg, Jura, Bern, Solothurn, Basel-Landschaft und Aargau.

<sup>c</sup> Mit Bewegungssensoren ausgerüstete Fotokameras, die beim Vorbeigehen eines Tiers automatisch auslösen.

<sup>d</sup> Die „Master-Fotofalle“ besitzt einen Infrarotbewegungsmelder, der beim Durchgang eines Warmblüters oder bei einer thermischen Störung ein Bild auslöst. Der „Slave“, der einfacher aufgebaut ist, wird durch den Blitz der gegenübergesetzten „Master-Fotofalle“ ausgelöst.



**Abb. 1.** Untersuchungsgebiet: Fotofallenstandorte (Kreise) mit dem relativen Anteil der effektiven Fallennächte (weisser Teil der Kuchen), Standorte mit mindestens einem Luchsnachweis (⊙), angepasster Konvexpolygon (schwarzer Polygon) nachdem vier der äusseren Standorte mit <55% der potenziellen Fallennächte ausgeschlossen wurden. Die blaue Linie definiert das Referenzgebiet.

al. 2004). Während ihrer längeren Verschiebungen benutzen Luchse regelmässig leicht begehbbare Passagen wie Forststrassen. Die gewählten Standorte waren entlang (i) Forststrassen, (ii) Wanderwegen und (iii) selten entlang Wildwechselln aufgestellt. Die Geräte wurden alle 6 bis 7 Tage kontrolliert, um Akkus oder Batterien zu ersetzen und falls nötig Filme und defekte oder zerstörte Geräte zu ersetzen.

### Minimale Anzahl unabhängiger Luchse

Die Bilder der „Slaves“ werden nur für die sichere Identifikation der Luchse benötigt und wurden von den anderen Analysen ausgeschlossen (Dublette). Die Anzahl verschiedener selbständiger<sup>e</sup> Individuen entspricht der minimalen Anzahl in der Population. Um die fotografierten Luchse individuell zu bestimmen, wurde jedes Bild mit allen Bildern von bekannten Luchsen aus dem früheren Fotofallenmonitoring oder Telemetriestudien unserer Referenzdatenbank verglichen (siehe Abb. 2 für ein Identifikationsbeispiel). Da das Fleckenmuster bei-

<sup>e</sup> Es ist unmöglich, adulte von subadulten Luchsen auf Grund von Bildern zu unterscheiden. Diese werden unter dem Begriff selbständige Luchse zusammengefasst - im Gegensatz zu juvenilen Tieren, die noch von ihrer Mutter abhängig sind.

der Flanken eines Individuums unterschiedlich ist, müssen für eine eindeutige Identifikation beide Seiten bekannt sein (Zimmermann *et al.* 2004); daher der Einsatz der „Slaves“.

### Überlappungsgrad der Wahrscheinlichkeitsräume der fotografierten Luchse

Während einem intensiven Einsatz werden die Luchse in der Regel an 1 bis 5 verschiedenen Standorten fotografiert. Die bescheidene räumliche Information erlaubt – im Gegensatz zur Radiotelemetrie – nicht, ein Wohngebiet zu berechnen. Um eine Idee der Wahrscheinlichkeitsräume (entspricht nicht dem Wohngebiet) von jedem fotografierten Luchs zu haben, wurde die Punktinformation der einzelnen Standorte, die Luchse erfasst haben, in eine Fläche umgewandelt. Dabei wurden folgende Regeln angewendet: eine Pufferzone von 5 km wurde um den Standort (1 Punkt), das Segment (2 Punkte) oder das Konvex-Polygon (> 2 Punkte), wo der Luchs erfasst wurde, angelegt. Um die Überlappungsgrade der Wahrscheinlichkeitsräume aller Luchse zu berechnen, haben wir die Pufferzonen jedes einzelnen Luchses überlagert und die Anzahl Luchse für jedes Raster berechnet. Die Frequenzen



**Abb. 2.** Zwei Aufnahmen vom selben Luchs (B126) am gleichen Standort, aber an unterschiedlichen Tagen. Pfeile und Kreise zeigen einige markante Merkmale dieses Tiers (Bilder © Stampfli, Hess, KORA).

der Überlappungsgrade haben eine linksschiefe Verteilung. Die Überlappungsgrade wurden folgendermassen in drei Kategorien eingeteilt: schwach (0; 348 km<sup>2</sup>), mittel (1 bis 2; 405 km<sup>2</sup>) und stark (3 bis 6; 129 km<sup>2</sup>).

### Schätzung der Abundanz und der Dichte mittels Fang-Wiederfang Methodik

Wenn Tiere anhand natürlicher oder künstlicher Merkmale identifizierbar und von andern Individuen unterscheidbar sind, kann man aufgrund von Wiederfängen (hier: wiederholtem Fotografieren) ihre Anzahl, ihre Fangwahrscheinlichkeit und die entsprechenden statistischen Fehler (Standardfehler) schätzen (Jennelle *et al.* 2002, Karanth 1995). Das Fang-Wiederfang-Prinzip wurde zum ersten Mal im Jahr 1662 angewendet um die Bevölkerung von London zu schätzen. Erst 150 später hat Laplace die Grundformel schriftlich festgehalten: wenn die Fangwahrscheinlichkeit aller Individuen identisch ist, ist der Anteil der markierten Individuen in der Wiederfang-Stichprobe identisch mit jener der insgesamt markierten Individuen in der Gesamtpopulation. Da die Anteile sowie die Anzahl markierter Individuen in der Population bekannt sind, kann die Grösse der Gesamtpopulation daraus abgeleitet werden. Die neusten Algorithmen basieren auf diesem Prinzip, sie berücksichtigen aber, dass die Fangwahrscheinlichkeit sowohl zeitlich als auch individuell variieren kann.

Für diese Schätzung ist wichtig, dass kein Tier der Population im Untersuchungsgebiet eine Fangwahrscheinlichkeit von Null hat. Diese Annahme bestimmt die minimale Dichte der Fotofallenstand-

orte, die so gewählt werden muss, dass das kleinste bekannte Revier der untersuchten Art mindestens einen Standort enthält (Karanth & Nichols 1998; Nichols & Karanth 2002). In unserer Untersuchung würde ein mittleres Weibchenrevier ungefähr 11 Fotofallenstandorte einschliessen, wenn die Reviergrössen denen aus den Neunzigerjahren im südlichen Jura entsprechen (Breitenmoser *et al.* 1993).

Um Berechnungen zum Schätzen geschlossener Populationen anwenden zu dürfen (z.B. Otis *et al.* 1978), muss die Population im Untersuchungsgebiet während des ganzen Durchgangs „geschlossen sein“, das heisst, dass keine zusätzlichen Tiere dazukommen (Geburt oder Immigration) oder verschwinden (Tod oder Emigration). Der Fotofalleneinsatz wurde am Ende des Winters während 60 Nächten (2 Monaten) durchgeführt, eine Zeit ohne Geburten und kurz genug, damit diese Bedingung bei einer Art wie dem Luchs annähernd erfüllt ist.

### Schätzung der Anzahl Tiere

Eine Zeitspanne von fünf aufeinanderfolgenden Nächten (Pentade) wurde als Fanggelegenheit definiert (Zimmermann *et al.* 2006). Pro Fanggelegenheit wird für jedes Individuum angegeben, ob es mindestens einmal („1“) oder nicht („0“) gefangen wurde. Jede individuelle Fanggeschichte bildet einen Vektor, der so viele „1“ und „0“ wie es Fanggelegenheiten gibt, enthält. Alle Vektoren zusammen bilden zusammen eine X-Matrix, den so genannten Fangkalender (Otis *et al.* 1978). Der Fangkalender der einzelnen Luchse wurde mit dem Modul CAPTURE des Programms MARK für geschlossene Populationen analysiert (White & Burnham 1999).

Zum Testen der Geschlossenheit der Population verwendeten wir das Programm CLOSETEST (Stanley & Richards 2004). Die Modellselektionsroutine im Programm MARK wählt das geeignetste Modell unter 8 möglichen Modellen aus, die unter der Annahme der Geschlossenheit der Population gültig sind (Otis *et al.* 1978). Darunter  $M_0$ : alle Individuen haben dieselbe Fangwahrscheinlichkeit und  $M_h$ : die Fangwahrscheinlichkeiten zwischen den Individuen sind nicht identisch aber ändern sich nicht im Verlauf des Durchgangs.

### *Schätzung der Dichte*

Die Dichte der unabhängigen Luchse entspricht dem Verhältnis der geschätzten Abundanz zur Schätzfläche ( $\hat{A}$ ). In unserem Fall haben wir drei Schätzflächen berücksichtigt: (i) das Referenzgebiet, (ii) der Konvexpolygon der äussersten Standorte plus einem Puffer, nach Karanth & Nichols (1998) ( $W$ ), und (iii) der geeignete Lebensraum für den Luchs innerhalb des Polygon plus Puffer.

Die Grenzen des Referenzgebiets wurden so gewählt, dass sie so gut wie möglich mit jenen der vermuteten Luchsreviere übereinstimmen gemäss unseren Kenntnissen vom Raumverhalten der Luchse. Luchse setzen ihre Reviergrenzen oft entlang natürlicher oder künstlicher Barrieren wie stark besiedelte Täler oder entlang markanter Reliefstrukturen.

Der Puffer des Konvexpolygons entspricht der Hälfte des Mittelwerts der maximalen Distanzen aller Tiere, die mindestens an zwei verschiedenen Standorten fotografiert wurden (Karanth & Nichols 1998). Diese Distanz repräsentiert den mittleren Durchmesser eines individuellen Reviers, und die Pufferzone entspricht damit der möglichen Ausdehnung der Reviere der äussersten fotografierten Luchse ausserhalb des Polygons.

Stark besiedelte Gebiete, intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen, Seen, grössere Flüsse und höhere Bergkämme grenzen das geeignete Luchshabitat ab (Zimmermann 2004; Zimmermann & Breitenmoser 2002). In unserem Untersuchungsgebiet entspricht es dem Mittelland im Süden und dem Vallée de Delémont im Norden, die mehr oder weniger ein Hindernis für den Luchs darstellen. Der Anteil der für den Luchs ungeeigneten Flächen innerhalb des Juras oder der Alpen kann sehr un-

terschiedlich sein. Um den Vergleich der absoluten Dichten von einem Referenzgebiet zum anderen in Zukunft zu ermöglichen, haben wir die Fläche des ungeeigneten Luchshabitats, definiert mit einem Habitatmodell nach Zimmermann & Breitenmoser (2002), vom Polygon plus Puffer abgezogen.

## **Resultate**

### **Materialverlust**

Trotz Informationstafeln, die über die Ziele der Studie informierten, haben mehrere Standorte während des zweimonatigen Durchgangs Sachschäden erlitten. An den Standorten #17 (BE), #22 (JU) und #53 (SO) wurden Fotofallen beschädigt und an den Standorten #15 (JU) und #30 (JU) von den Wegen weggedreht. Am Standort #37 (SO) wurden zwei Filme aus den Fotoapparaten entfernt.

### **Effektive Fallennächte und Gründe der Auslösungen**

Für die Untersuchung im nördlichen Jura wurden während 60 Nächten Fotofallen an 54 Standorten gleichzeitig eingesetzt, was eine theoretische Überwachungsdauer von 3240 Fallennächten ergibt. Durch technische Defekte, Fehler in der Programmierung und Sabotageakte reduzierten sich die potenziellen Fallennächte auf einen effektiven Wert von 2727, was 84,2% des Potenzials entspricht (Abb. 3).

Vier periphere Standorte (#1, #2, #4 und #54; Abb. 1) wiesen <55% der potenziellen Fallennächte auf und haben auch keine Luchse erfasst. Sie wurden deshalb aus dem konvexen Polygon aller äussersten Fotofallen-Standorte für die Dichte-Berechnung ausgeschlossen (Abb. 1).

Nach Ausschluss aller Testbilder (Bilder der Protokolle sowie Funktionstests), blieben 5477 Bilder der „Master-Fotofallen“ übrig. Auf 53,3% (n=2919) aller Bilder war keine Ursache für die Auslösung ersichtlich (Abb. 4). In 10,9% (n=599) wurden Menschen abgelichtet, gefolgt von Füchsen und Dachsen mit 10,2% (n=558) und 9,2% (n=505) aller ausgelösten Bilder der „Master-Fotofalle“. Der Luchs machte nur 0,4% (n=22) aller Bilder aus,

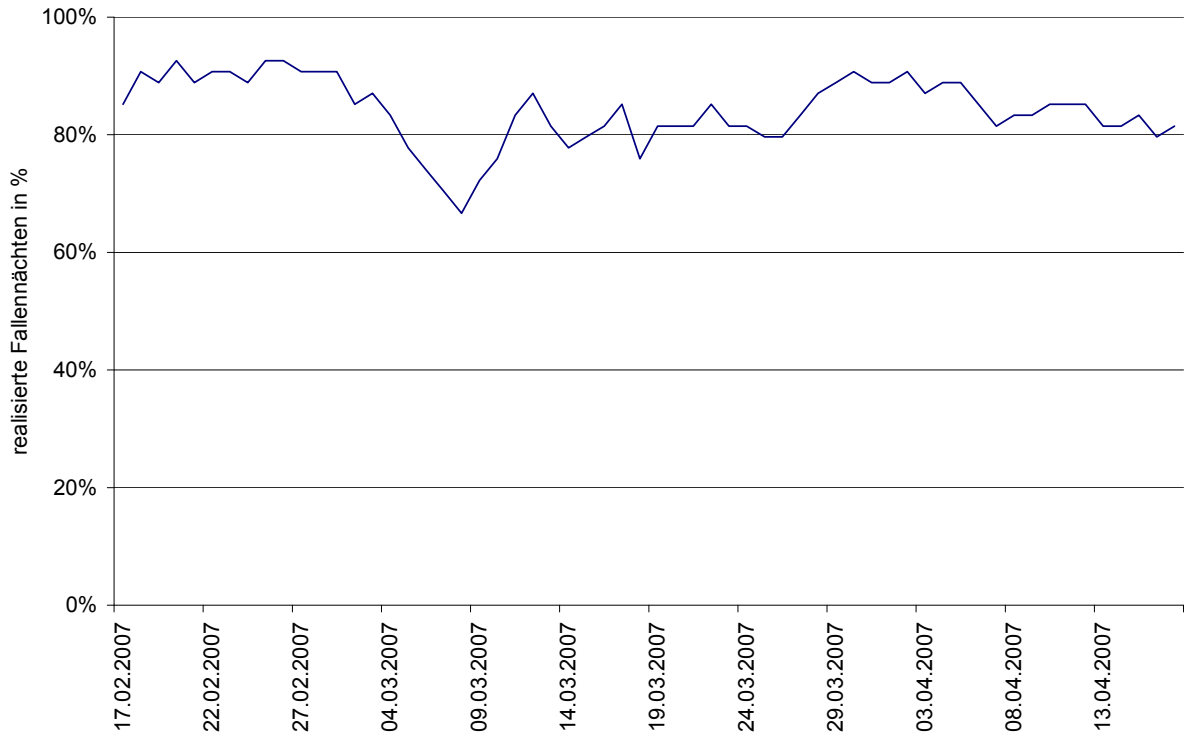


Abb. 3. Entwicklung der effektiven Fallennächte als Prozentsatz der potenziellen Fallennächte dargestellt im Verlauf der Untersuchung (54 Standorte).

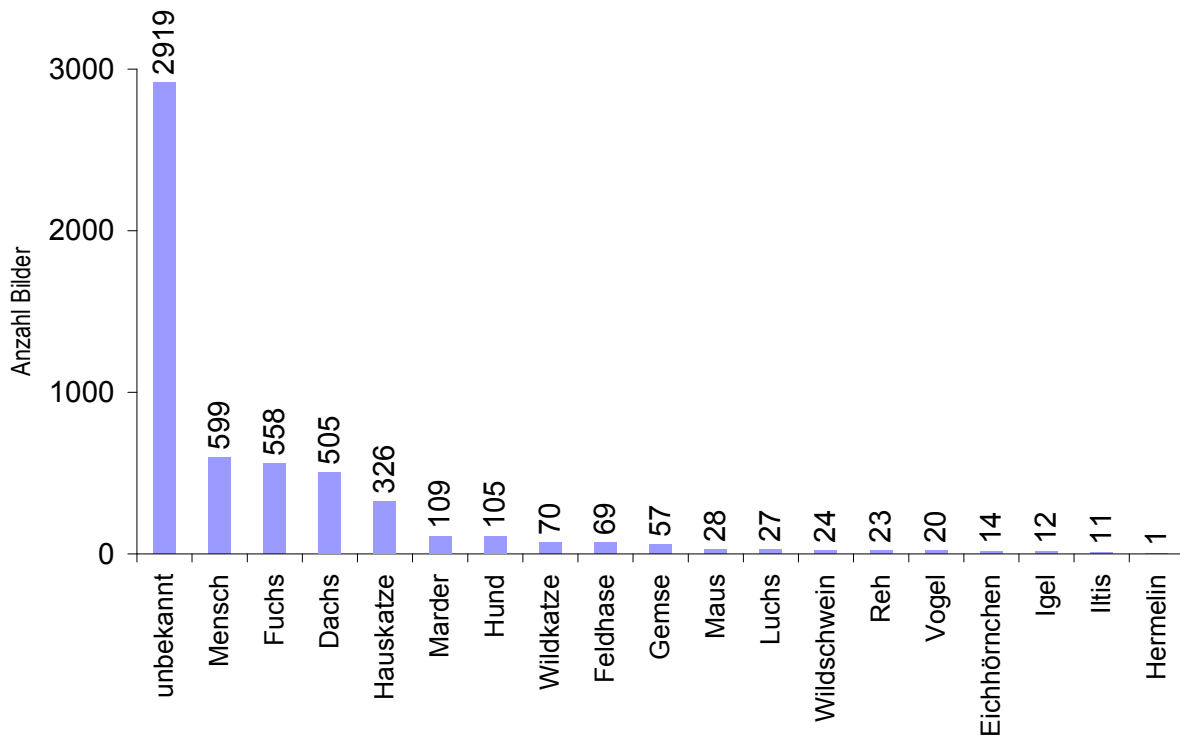


Abb. 4. Auslösungsgründe im Verlauf des intensiven Einsatzes.

und Wildkatzen<sup>f</sup> wurden insgesamt 70 Mal (1,3 %) abgelichtet.

Generell waren Ungulaten auf den Bildern schlecht vertreten (Gemsen 1,0%, Wildschweine 0,4%, Rehe 0,4%), obwohl sie viel häufiger sind als z.B. der Luchs. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Standorte in erster Linie für den Luchs gewählt waren. Die Erfahrung zeigt, dass Fotofallen auf Waldstrassen Raubtiere wesentlich besser erfassen als Paarhufer (z.B. Fattebert & Zimmermann 2007).

Luchse wurden an 13 Standorten nachgewiesen (Abb. 3, 5). Die zwei Arten, die an den meisten verschiedenen Standorten abgelichtet wurden, waren Dachs (n=49) und Fuchs (n=45). Die Wildkatze wurde an 16 Standorten nachgewiesen (Abb. 5).

### Minimale Anzahl Luchse

Im Untersuchungsgebiet wurden während des intensiven Einsatzes 22 Mal Luchse fotografiert (SO 15, JU 4, BE 3, BL 0). Dies entsprach 9 verschiedenen Luchsen (B93, B116, B122, M41 „ZENO“, M43 „WERO“, B126, L84, F64 „LOMA“ und R88). Fünf davon waren schon aus dem extensiven Fotofallen-Monitoring im Jahr 2006 bekannt (B93, B116, B122, M41 „ZENO“ und M43 „WERO“; Zimmermann & Breitenmoser 2006). Drei früher

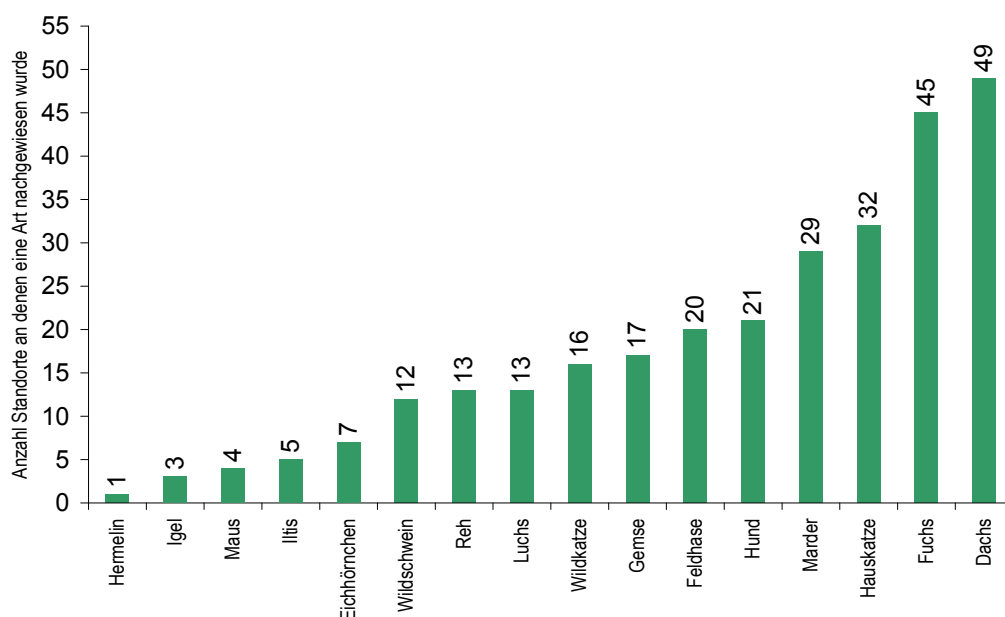
<sup>f</sup> Die Identifikation ist allein auf den Phänotyp gestützt. Hybridisationen mit Hauskatzen können nicht ausgeschlossen werden (Lüps *et al.* 2006) und deshalb sind diese Werte mit Vorsicht zu geniessen.

fotografierte Luchse (B91, B23 und B119) wurden in diesem intensiven Einsatz nicht nachgewiesen (Tab. 1). B91 wurde zum letzten Mal anfangs 2006 fotografiert und wurde vermutlich durch das Männchen M41 „ZENO“ ersetzt, der dasselbe Gebiet durchstreift. B119 wurde nur einmal im Jahr 2006 am Rand des Untersuchungsgebiets nachgewiesen.

Die *Slaves* haben die entgegengesetzte Flanke in 8 der 22 Luchsaufnahmen abgelichtet (36,4%). Dies ermöglichte die eindeutige Identifikation von 5 Individuen von den 9 im Untersuchungsgebiet erfassten Luchsen (B122, B116, B126, M41 „ZENO“ und M43 „WERO“). Zwei weitere Luchse konnten wir aufgrund der Bilder, die während des extensiven Einsatzes im Jahr 2006 oder bei den Fängen im Rahmen des Umsiedlungsprojekts in die Ostschweiz entstanden identifizieren (B93 und F64 „LOMA“; Tab. 1). Die zwei letzten Tiere (L84 und R88), von denen nur eine Flanke bekannt war, konnten dank deutlich unterschiedlichem Fellmuster voneinander unterschieden werden.

### Überlappungsgrad der Wahrscheinlichkeitsräume der fotografierten Luchse

Wir unterschieden drei Zonen: schwach, mittel und stark (Abb. 6). Die mittlere Überlappungsgradzone im Referenzgebiet besteht aus zwei Teilzonen. Die grösste Teilzone beginnt südwestlich auf der ersten Jurakette und führt entlang der Kantons-



**Abb. 5.** Anzahl Standorte, an denen die jeweilige Säugerart mindestens einmal abgelichtet wurde (Maximum möglich n=54).

**Tab. 1.** Luchse, die während des extensiven Monitoring im Jahr 2006 und Anfang 2007 sowie während des zweimonatigen intensiven Einsatzes im Untersuchungsgebiet nachgewiesen wurden.

| Nachgewiesene<br>Tiere im<br>Untersuchungsgebiet | Identifikation <sup>a</sup> |     |     | Nachweise                   |                            |  | Maximale<br>Distanz (km) <sup>a</sup> |     |      | Anwesend im Gebiet<br>(Mai 2007) |
|--|-----------------------------|-----|-----|-----------------------------|----------------------------|--|---------------------------------------|-----|------|----------------------------------|
|  | Tel                         | Ext | Int | Extensiver<br>Einsatz 06-07 | Intensiver<br>Einsatz 2007 | In den<br>Kantonen<br>ink.<br>Telemetrie | Tel                                   | Ext | Int  |                                  |
|  |                             |     |     |                             |                            |  |                                       |     |      |                                  |
| <b>B91<sup>b</sup></b>                           |                             | LR  |     | 1                           |                            | SO                                       |                                       |     |      | unwahrscheinlich                 |
| <b>B93</b>                                       |                             | LR  | R   | 3 <sup>c</sup>              | 1                          | SO                                       | 9,6                                   |     |      | sicher                           |
| <b>B23 (L13)<sup>d</sup></b>                     |                             | LR  |     | 4                           |                            | JU, SO                                   | 4,8                                   |     |      | möglich                          |
| <b>B122</b>                                      |                             | LR  | LR  | 3                           | 4                          | JU, BE, SO                               | 6,9                                   | 7,4 |      | sicher                           |
| <b>B119</b>                                      |                             | LR  |     | 1                           |                            | BE                                       |                                       |     |      | möglich                          |
| <b>B116</b>                                      |                             | LR  | LR  | 3                           | 1                          | JU, BE, SO                               | 9,9                                   |     |      | sicher                           |
| <b>ZENO (B118)</b>                               | LR                          | LR  | LR  | 3 + Fang <sup>e</sup>       | 2                          | SO, BL                                   | 29                                    | 8,3 | 6,5  | sicher                           |
| <b>WERO (L83)</b>                                | LR                          | L   | LR  | 3 + Fang <sup>f</sup>       | 4                          | SO, JU                                   |                                       |     | 12,3 | umgesiedelt                      |
| <b>B126</b>                                      |                             |     | LR  |                             | 6                          | SO                                       |                                       |     | 10,4 | sicher                           |
| <b>L84<sup>g</sup></b>                           |                             |     | L   |                             | 1                          | SO                                       |                                       |     |      | sicher                           |
| <b>LOMA</b>                                      | LR                          |     | R   | Fang <sup>h</sup>           | 1                          | SO, BE                                   | 18                                    |     |      | sicher                           |
| <b>R88</b>                                       |                             |     | R   |                             | 2                          | BE                                       |                                       |     | 11,6 | sicher                           |

<sup>a</sup>Tel : Telemetrie ; Ext : extensives Monitoring ; Int : intensives Monitoring ; L : linke Flanke ; R : rechte Flanke

<sup>b</sup>B91 wurde zum letzten Mal anfangs 2006 nachgewiesen und wurde vermutlich durch ZENO ersetzt.

<sup>c</sup>B93 wurde mit der Infrarotkamera des IRTIS während des Fangversuchs am 2. März 2007 gefilmt.

<sup>d</sup>L13 wurde neulich als B23 bestimmt.

<sup>e</sup>ZENO wurde am 28. Januar 2007 gefangen und wieder freigelassen.

<sup>f</sup>WERO wurde in die Ostschweiz umgesiedelt (gefangen am 9. April 2007).

<sup>g</sup>L84 ist ein 2006 geborenes Junges von LOMA. Es wurde im Februar am Anfang der Trennungsperiode (Zimmermann 2004, Zimmermann *et al.* 2005) fotografiert und wurde deshalb als selbständiges Tier berücksichtigt.

<sup>h</sup>LOMA wurde am 6. April 2007 im Rahmen der Umsiedlungen in die Ostschweiz gefangen und wieder freigelassen.

grenzen zwischen den Kantonen Bern, Solothurn und Jura weiter. Die kleinere Teilzone liegt auf der ersten Jurakette nordöstlich von Oensingen. Die starke Überlappungsgradzone besteht aus zwei fast angrenzenden Teilen, die innerhalb der mittleren Überlappungsgradzone entlang der Kantonsgrenze

zwischen Solothurn, Bern und Jura genauer zwischen Court, Grenchen, Solothurn, Herbetswil und Mervelier, liegen. Der Luchs M43 „Wero“, der in die Ostschweiz umgesiedelt wurde, wurde innerhalb dieser Zone gefangen (schwarzes Kreuz; Abb. 6).

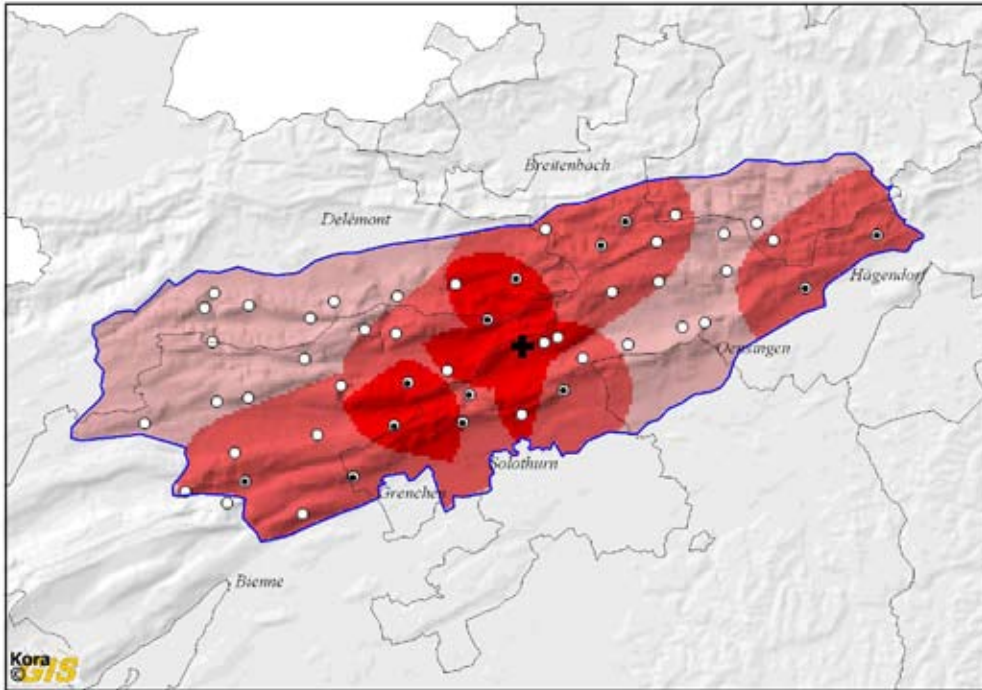


Abb. 6. Überlappungsgradzonen (rosa = schwach, 0 Luchse nachgewiesen; dunkel rosa = mittel, 1-2 Luchse nachgewiesen; rot = stark, 3-6 Luchse nachgewiesen) der Wahrscheinlichkeitsräume der fotografierten Luchse innerhalb des Referenzgebiets (blaue Linie). Die Kreise stellen Fotofallen mit (⊙) und ohne (○) Luchsaufnahmen dar. Der Fangort von WERO, der in die Ostschweiz umgesiedelt wurde, ist mit einem Kreuz gekennzeichnet.

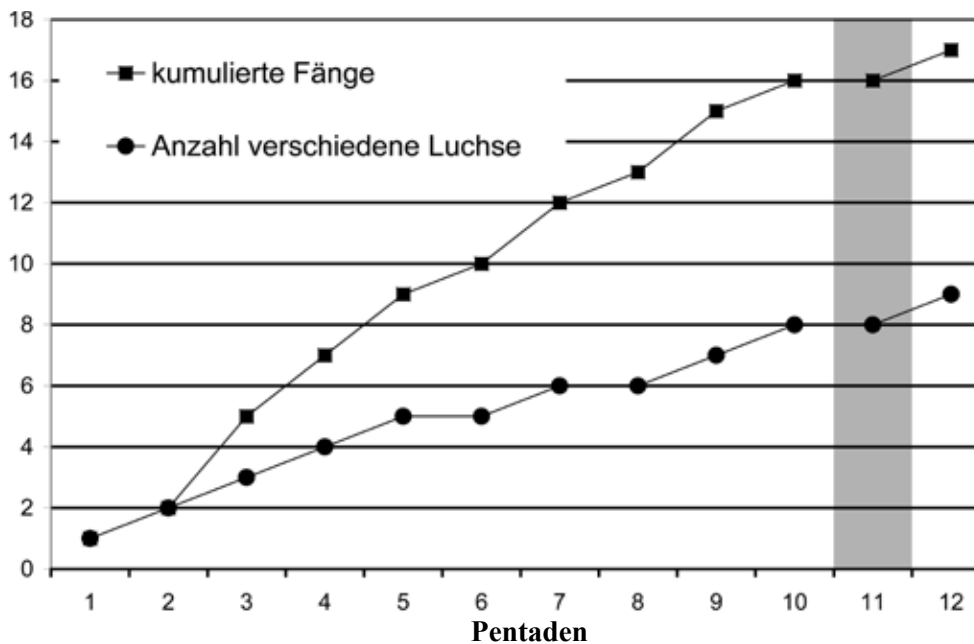


Abb. 7. Entwicklung der kumulierten Fänge und der Anzahl verschiedener Luchse pro Pentade im Verlauf der 12 Pentaden. Während der 11. Pentade (in grau) ist ein Luchs (LEON) ins Untersuchungsgebiet eingewandert und ein weiterer (WERO) weggefangen worden.



### Schätzung der Abundanz nach Fang-Wiederfang Methodik

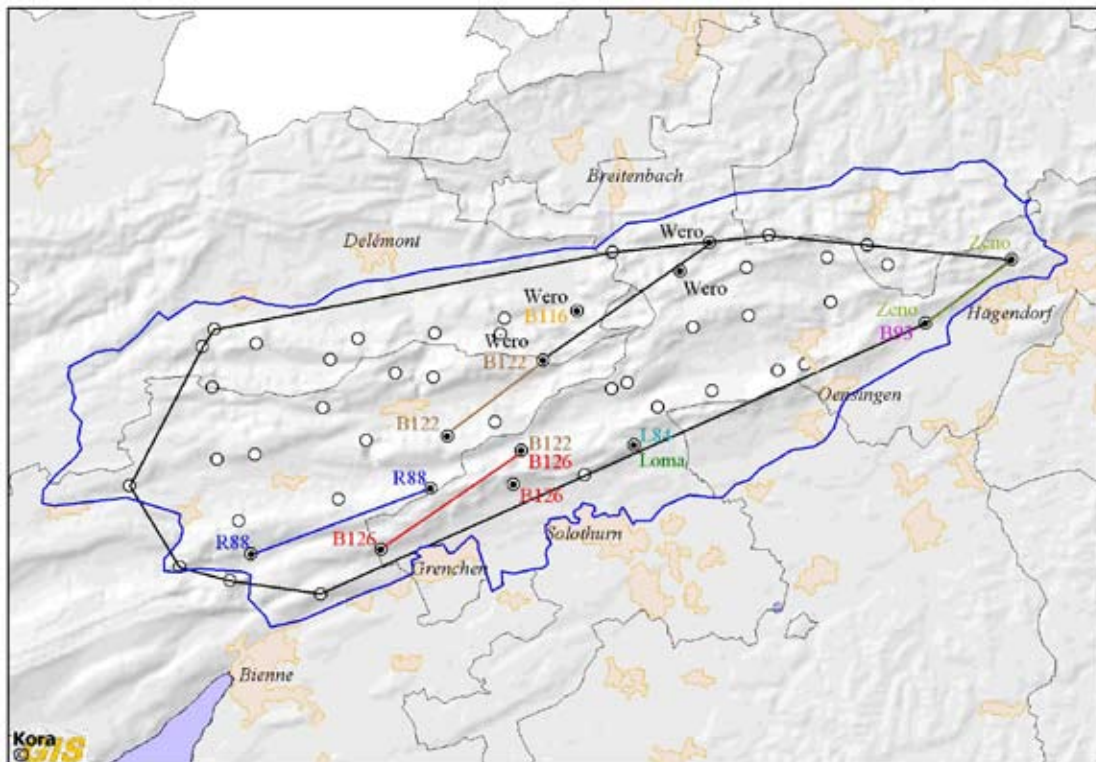
Ein Tier (M43 „WERO“) wurde in der 11. Pentade im Rahmen des Umsiedlungsprojekts LUNO (Ryser *et al.* 2004) aus dem Untersuchungsgebiet weggefangen. Dazu ist M42 „LEON“, der im Rahmen einer kantonsinternen Umsiedlungsaktion von den Waadtländer Alpen in den Jura umgesiedelt wurde und per GPS/GSM Sender überwacht wird, ab der 11. Pentade ins Untersuchungsgebiet eingewandert (Abb. 7). Für die Fang-Wiederfang Analysen berücksichtigten wir deshalb nur die 10 ersten Pen-

taden, um die Annahme der Geschlossenheit der Population nicht zu verletzen.

Die Modellselektionsroutine des Programm CAPTURE bewertet das Modell  $M_0$  als das geeignetste Modell. Das Modell  $M_h$  erhielt die zweitbeste Bewertung. Die geschätzte Anzahl Luchse entspricht  $9 \pm 1,4$  selbständigen Luchsen im Schätzgebiet nach  $M_0$  respektiv  $10 \pm 3,44$  nach  $M_h$  (Tab. 2). Die individuelle mittlere Fangwahrscheinlichkeit pro Pentade betrug  $0,19$  ( $M_0$ ) respektiv  $0,16$  ( $M_h$ ).

**Tab. 2.** Schätzung der Abundanz und der Dichte selbständiger Luchse nach  $M_0$  und  $M_h$  innerhalb des Referenzgebiets, des Polygons plus Puffer und des geeigneten Luchshabitats innerhalb des Polygons plus Puffer. Die Schätzungen basieren auf der Fang-Wiederfang Methodik.

| Modell | Fangwahrscheinlichkeit | $N_{min}$ | $N \pm SE(N)$  | Schätzung der Dichte $D \pm SE(D)$ (Ind. / 100 km <sup>2</sup> ) |                  |                    |
|--------|------------------------|-----------|----------------|--|------------------|--------------------|
|        |                        |           |                | Referenzgebiet   | Polygon + Puffer | Geeignetes Habitat |
| $M_0$  | 0,19                   | 9         | $9,0 \pm 1,4$  | $1,02 \pm 0,16$  | $0,72 \pm 0,13$  | $1,02 \pm 0,19$    |
| $M_h$  | 0,16                   | 9         | $10,0 \pm 3,4$ | $1,13 \pm 0,39$  | $0,80 \pm 0,28$  | $1,13 \pm 0,41$    |



**Abb. 8.** Fotofallenstandorte im Untersuchungsgebiet mit den Luchsen, die während des Durchgangs abgelichtet wurden. Referenzgebiet = blaue Linie ; Konvexpolygon = schwarze Linie. Die Kreise stellen Fotofallen mit (⊙) und ohne (●) Luchsaufnahmen dar. Die farbigen Linien entsprechen den maximalen Distanzen zwischen den Standorten der einzelnen Luchse, die an mindestens zwei verschiedenen Standorten fotografiert wurden.

## Schätzung der Dichte

Das Referenzgebiet (blaue Linie, Abb. 3) weist eine Fläche von 882 km<sup>2</sup> auf, was einer Dichte von  $1,02 \pm 0,16$  ( $M_o$ ) respektiv  $1,13 \pm 0,39$  ( $M_h$ ) selbständiger Luchse pro 100 km<sup>2</sup> entspricht.

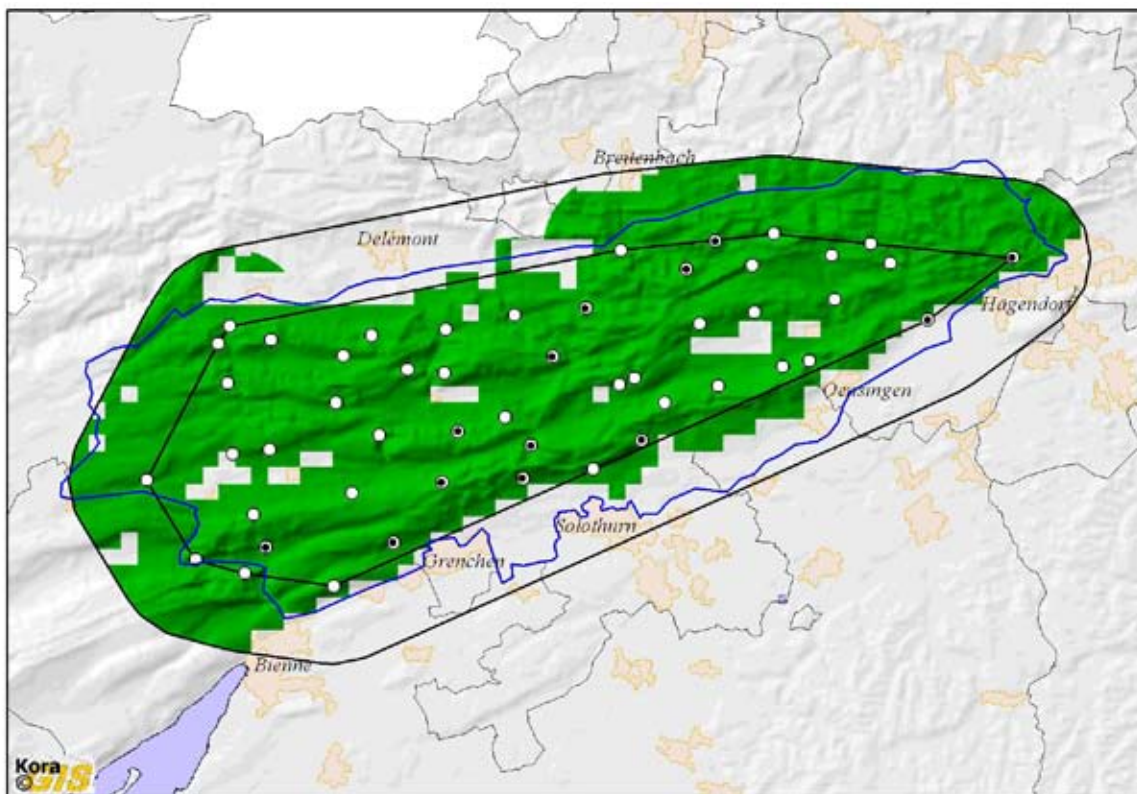
Der Puffer war 4,81 km breit und wurde an Hand der Maximaldistanzen von fünf Tieren berechnet, die mindestens an zwei verschiedenen Standorten fotografiert wurden (Tab. 1; Abb. 8). Das Polygon der Fotofallenstandorte (593 km<sup>2</sup>) plus Puffer ist 1243 km<sup>2</sup> gross (Abb. 9) und die Dichte entspricht  $0,72 \pm 0,13$  selbständigen Luchsen pro 100 km<sup>2</sup> ( $M_o$ ) respektiv  $0,80 \pm 0,28$  ( $M_h$ ).

Wenn innerhalb des Polygons plus Puffer nur das geeignete Luchshabitat berücksichtigt wird (Abb. 9), beträgt die Bezugsfläche 881 km<sup>2</sup> und die Dichte im geeigneten Habitat  $1,02 \pm 0,19$  selbständige Luchse pro 100 km<sup>2</sup> ( $M_o$ ) respektiv  $1,13 \pm 0,41$  ( $M_h$ ; Tab. 2).

## Diskussion

### Realisierte Fallennächte

Die Anzahl realisierter Fallennächte entsprach 84,2% der potenziellen. In den Voralpen lag dieser Wert während des Winters 2003-04 bei 89,3% (32 Standorte). Im letzteren Fall wurden aber die Fotofallen jeden fünften Tag kontrolliert, was die Anzahl Tage ohne funktionstüchtige Geräte im Fall einer Panne verminderte. Im Gegensatz zu den Voralpen hatte die Kälte keinen wesentlichen Einfluss auf die Lebensdauer der Batterien während des Einsatzes im Jura. Wir haben drei mögliche Gründe für die kleinere Zahl der effektiven Fallennächte identifiziert. Mehrere Standorte, besonders jene weit weg von menschlichen Passagen (hauptsächlich Wanderer) waren rund um die Uhr aktiv. Während des Tages, besonders an süd-exponierten Hängen, konnten Thermiken, die vom erwärmten Boden oder Felsen aufstiegen, die „Master-Fotofallen“ häufig auslösen. Damit waren manchmal die Filme schon vor der nächsten Kontrolle aufgebraucht. Bei der Kontrolle der Geräte halfen viele freiwillige Mitarbeiter. Dies ist zur Bewältigung des Aufwands und zur Einbindung verschiedener Krei-



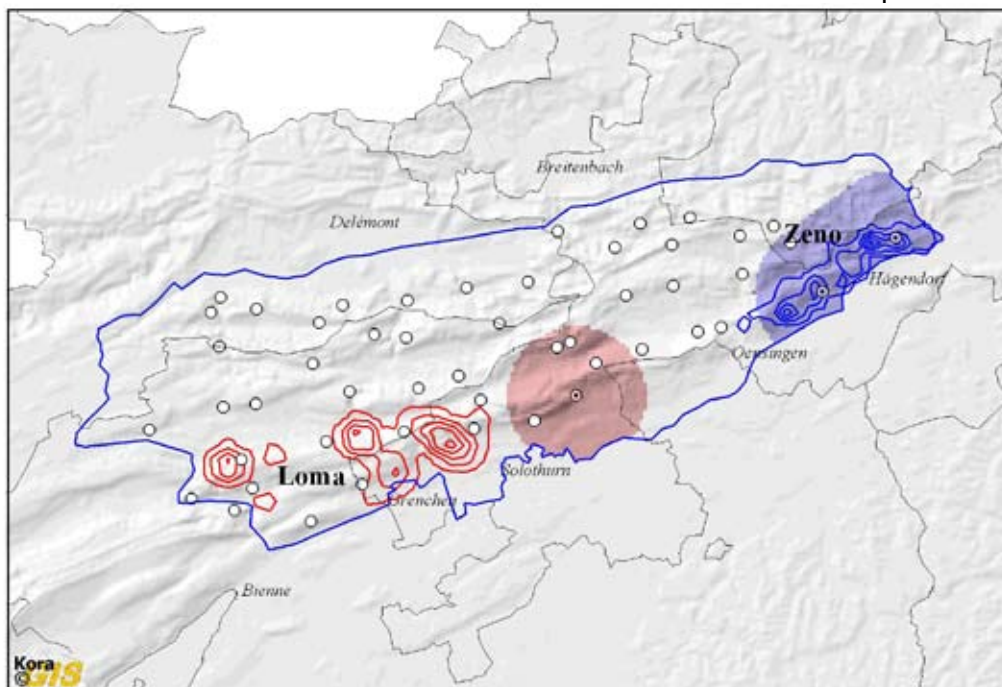
**Abb. 9.** Standorte ohne (○) und mit mindestens einem (⊙) Luchsnachweis, Gebiet mit Fotofallen (innerer Polygon) und Pufferzone (äusserer Polygon). Die Fläche in grün entspricht dem geeigneten Luchshabitat. Sie wurde an Hand eines Luchshabitatmodells definiert. Die blaue Linie definiert das Referenzgebiet.

se sehr wünschenswert, erhöht aber die Quote von Fehlmanipulationen. Dies wurde bereits in anderen Fotofallen-Studien festgestellt, wie zum Beispiel in Südindien (A. Pittet pers. Mitteilung). Schliesslich waren wegen einer geringen und zu kurzen Schneelage (nur eine Woche) während des ganzen Durchgangs praktisch alle Standorte für jedermann leicht erreichbar. Dies hat vermutlich zu den vermehrten Sabotageakten geführt, was zwangsläufig auch die Anzahl Fallennächte vermindert hat, bevor die Geräte ersetzt werden konnten.

#### *Überlappungsgrad der Wahrscheinlichkeitsräume der fotografierten Luchse*

Das Referenzgebiet wurde im voraus und genügend gross definiert, damit es für die Luchspopulation im nördlichen Teil des Juras repräsentativ ist. Die Luchsbilder innerhalb des Referenzgebiets sind nicht homogen verteilt. Die mittlere bis starke Überlappungsgradzone, die an Hand der erfassten Luchsbilder berechnet wurde, besteht aus zwei Teilzonen: die erste und grössere liegt entlang der Grenzen zwischen den Kantonen Bern, Solothurn und Jura auf der Verbindung mehrerer Juraket-

ten, die zweite auf der ersten Jurakette nordöstlich von Oensingen. Die stärkste Überlappungszone schliesst das Gebiet nördlich der Hasenmatt, im Bereich des Sattels zwischen Gänsbrunnen (SO) und Court (BE) ein. Dieses Gebiet ist nicht nur ein sehr geeignetes Luchshabitat, sondern auch eine strategische Verbindung zwischen der ersten und zweiten Kette, die für den Luchs vor allem während der Ranzzeit eine bedeutende Rolle spielen könnte, da sich Individuen dort leichter finden und treffen können. Unsere Analyse geht davon aus, dass die Luchse in den Kerngebieten ihrer Reviere fotografiert werden. Die Berechnung der Wohngebiete von zwei Luchsen, die unmittelbar vor und während der Untersuchungszeit mit einem GPS/GSM ausgerüstet worden waren und von denen die Position durch Satellitennavigation aufgenommen wird zeigt, dass dies aber nicht immer der Fall ist (siehe Loma; Abb. 10). Der intensive Einsatz hat während der Ranzzeit stattgefunden und erstreckte sich auf eine kurze Zeitperiode (2 Monate), während der die Luchse zufälligerweise im Verlauf ihrer Verschiebungen an einem bis zu fünf verschiedenen Standorten fotografiert wurden. Dies braucht nicht unbedingt der räumlichen Nutzung der Luchse während des restlichen Jahres zu entsprechen.



**Abb. 10.** Vergleich zwischen den Wahrscheinlichkeitsräumen berechnet an Hand der erfassten Bilder und die Wohngebiete berechnet an Hand der von Satelliten erfassten Positionen zweier GPS/GSM besendeter Luchse LOMA (6.04.-15.05.2007) und ZENO (27.01.-31.07.2007). Die (●) stellen die Fotofallenstandorte dar. Rosa die 5 km Pufferzone um den Aufnahmeort (⊙) von LOMA, hellblau die Zone um die beiden Aufnahmeorte (⊙) von ZENO. Die roten bzw. blauen Linienformen zeigen die Wohngebiete der beiden Luchse aufgrund der bisherigen Peilungen (Kernel-Algorithmus, 10-90%). Während ZENO zweimal in seinem Wohngebiet fotografiert wurde, geriet LOMA offenbar auf einem Ausflug ausserhalb ihres Wohngebietes in die Fotofalle. Die blaue Linie definiert das Referenzgebiet.

### Geschätzte Abundanz

Die Wahl des statistischen Schätzmodells beeinflusst das Resultat. Für solitäre Katzenarten kommen am häufigsten die Modelle  $M_0$  (gleiche Fangwahrscheinlichkeit für alle Tiere) und  $M_h$  (unterschiedliche Fangwahrscheinlichkeit) zur Anwendung. In dieser Studie erwies sich das Modell  $M_0$  in der Modellselektion als das Geeignetste für unseren Datensatz. Bei einer Art wie dem Luchs, bei der die Männchen grössere Reviere haben und raschere und weitere Bewegungen als die Weibchen machen, wäre zu erwarten das  $M_h$ , das eine Heterogenität in den Fangwahrscheinlichkeiten berücksichtigt, aus biologischen Gründen realistischer wäre. In den Fotofallen-Durchgängen, wo wir aufgrund vorangehender radiotelemetrischer Arbeit das Geschlecht von etlichen Luchsen kannten, zeigte sich effektiv, dass Männchen aufgrund ihrer grösseren Reviere und rascheren und weiteren Bewegungen häufiger fotografiert wurden. Dazu sind die Resultate unter  $M_h$  robuster als jene unter  $M_0$  im Falle, dass die verschiedenen Annahmen verletzt wären (Karanth & Nichols 1998; Otis *et al.* 1978). Modell  $M_h$  ergibt üblicherweise einen grösseren Schätzbereich (Standardfehler) und deshalb ist es wahrscheinlicher, dass die tatsächliche Abundanz innerhalb des Bereichs liegt. Im Rahmen des extensiven Fotofallen-Einsatzes im Jahr 2006 wurden im Referenzgebiet zwei weitere Luchse (B23, B119) identifiziert; diese beiden Tiere wurden im jüngsten Durchgang nicht nachgewiesen. Ob sie sich noch im nördlichen Jura aufhalten, wissen wir nicht. Die zusätzlichen zwei Tiere lägen allerdings bei beiden Modellen innerhalb des Schätzbereichs.

Es ist interessant festzustellen, dass acht Tiere (darunter B91, der vermutlich durch M41 „ZENO“ ersetzt wurde) innerhalb des Untersuchungsgebiet schon aus dem extensiven Fotofallen-Monitoring bekannt waren. Da beide Flanken der Luchse nur in 36.4% aller Fälle erfasst wurden, ist es von Nutzen, wenn möglichst viele Tiere schon vor dem intensiven Einsatz bekannt sind (Tab. 1), damit Luchse, von denen nur eine Flanke während des Durchgangs erfasst wurde, eindeutig voneinander zu unterscheiden sind.

### Geschlossenheit der Population

Um die methodische Vorgabe der Geschlossenheit

der Population nicht zu verletzen, haben wir die Schätzung der Luchspopulation auf die 10 ersten Pentaden beschränkt, da zwei Tiere während der 11. Pentade weggefangen beziehungsweise eingewandert sind. M42 „LEON“ blieb vom 11. bis am 23. April im Untersuchungsgebiet, ohne von den Fotofallen erfasst zu werden, bevor er Richtung Süden abwanderte.

### Schätzung der Dichte

Vier am Rand gelegene Fotofallenstandorte mit <55% der potenziellen Fallenächte und ohne Luchsbilder wurden für die Berechnung der Dichte nach Karanth & Nichols (1998) ausgeschlossen, weil sie das Untersuchungsgebiet fälschlicherweise vergrössert und somit die Dichte verkleinert hätten.

Die an Hand der Fang-Wiederfang Methodik geschätzte Dichte im Referenzgebiet ist mit  $1,13 \pm 0,39$  ( $M_h$ ) selbständigen Luchsen pro 100 km<sup>2</sup> leicht höher als jene aus der radiotelemetrischen Studie Anfang der 90er Jahre im südlichen Jura, welche zwischen 0,84-0,99 selbständigen Luchsen pro 100 km<sup>2</sup> lag (Breitenmoser-Würsten *et al.* im Druck). Die Dichte ist aber tiefer als jene von  $1,53 \pm 0,24$  selbständigen Luchsen pro 100 km<sup>2</sup>, die im Untersuchungsgebiet in den Nordwestalpen im Winter 2005-06 gemessen wurde (Zimmermann *et al.* 2006).

### Perspektiven

Trotz einer geringeren mittleren Fangwahrscheinlichkeit ( $p = 0,16$ ;  $M_h$ ) als in den Voralpen ( $0,19 \leq p \leq 0,23$ ;  $M_h$ ) zeigen unsere Ergebnisse, dass es möglich ist, im Jura die Luchspopulation an Hand der Fang-Wiederfang Methodik zu schätzen. Die Erfahrungen, die wir im Feld im Rahmen dieser Studie gesammelt haben, werden für spätere Einsätze von Nutzen sein, um die Fotofallenstandorte weiter zu optimieren, was die Fangwahrscheinlichkeit der Luchse und somit die Genauigkeit der Schätzungen verbessern wird (Nichols & Karanth 2002).

Regelmässig wiederholte Durchgänge im selben Gebiet würden erlauben, demografische Parameter an Hand von Schätzungen für offene Populationen zu berechnen (Pollock *et al.* 1990), sowie die Bestandesentwicklung nach dem Wegfang eines Luchses zwecks Umsiedlung zu verfolgen. Wir empfehlen

Schätzungen der Abundanz und Dichte in weiteren Teilen des Juras (z.B. Jura Süd) durchzuführen, was Vergleiche zwischen Gebieten gestatten würde.

## Referenzen

- Breitenmoser, U., P. Kaczensky, M. Dötterer, C. Breitenmoser-Würsten, S. Capt, F. Bernhart, and M. Liberek. 1993. Spatial organisation and recruitment of Lynx (*Lynx lynx*) in a re-introduced population in the Swiss Jura Mountains. *Journal of Zoology* **231**:449-464.
- Breitenmoser-Würsten, Ch., F. Zimmermann, Ph. Stahl, J.-M. Vandel, A. Molinari-Jobin, P. Molinari, and U. Breitenmoser. In press. Spatial and social stability of an Eurasian lynx (*Lynx lynx*) population – a valuation of 10 years of observation in the Jura Mountains. *Wildlife Biology*.
- BUWAL. 2004. Luchskonzept Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- Fattebert, J., and F. Zimmermann. 2007. Piègeage photographique du lynx dans le Jura vaudois – Rapport sur la session semi-intensive de l'automne 2006. KORA-Bericht **36**:1-25.
- Jackson, R. M., J. D. Roe, R. Wangchuk, and D. O. Hunter. 2006. Estimating snow leopard population abundance using photographic identification and capture-recapture techniques. *Wildlife Society Bulletin* **37**:772-781.
- Jennelle, C. S., M. R. Runge, and M. D. I. 2002. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals: a comment on misleading conclusions. *Animal Conservation* **5**:199-200.
- Karanth, K. U. 1995. Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation* **71**:333-338.
- Karanth, K. U., R. S. Chundawat, J. D. Nichols, and N. S. Kumar. 2004. Estimation of tiger densities in the tropical dry forest of Panna, Central India, using photographic capture-recapture sampling. *Animal Conservation* **7**:285-290.
- Karanth, K. U., and J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* **79**:2852-2862.
- Kawanishi, K., and M. E. Sunquist. 2004. Conservation status of tigers in a primary rainforest of Peninsular Malaysia. *Biological Conservation* **120**:329-344.
- Laass, J. 1999. Evaluation von Photofallen für ein quantitatives Monitoring einer Luchspopulation in den Schweizer Alpen. Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.
- Lüps, P., B. Hefti-Gautschi, B. Nussberger, and D. Weber. 2006. Dont trust the fur: your «wildcat» could be a domestic cat (provisional results). *Mammalian Biology* **71** (suppl.):19.
- Maffei, L., E. Cuéllar, and A. Noss. 2004. One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-Iya National Park. *Journal of Zoology* **262**:295-304.
- Nichols, J. D. 1992. Capture-recapture models using marked animals to study population dynamics. *BioScience* **42**:94-102.
- Nichols, J. D., and K. U., Karanth. 2002. Statistical concepts: estimating absolute densities of tigers using capture-recapture sampling. Pages 121-136 in K. U., Karanth, and J. D. Nichols, editors. *Monitoring tigers and their prey: a manual for researchers, managers and conservationists in tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies, Bangalore.
- O'Brien, T. G., M. F. Kinnaird, and H. T. Wibisono. 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tigers and prey population in a tropical landscape. *Animal Conservation* **6**:131-139.
- Otis, D. L., K. P. Burnham, G. C. White, and D. R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs* **62**:1-135.
- Pollock, K. H., J. D. Nichols, C. Brownie, and J. E. Hines. 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs* **107**:1-98.
- Ryser, A., K. von Wattenwyl, M.-P. Ryser-Degiorgis, C. Willich, F. Zimmermann, and U. Breitenmoser. 2004. Luchsumsiedlung Nordostschweiz 2001 – 2003, Schlussbericht Modul Luchs des Projektes LUNO. KORA Bericht **22**:1-60.
- Silver, S. C., L. E. T. Ostro, L. K. Marsh, L. Maffei, A. J. Noss, M. J. Kelly, R. B. Wallace, H. Gomez, and G. Ayala. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx* **38**:148-154.
- Soisalo, M. K., and S. M. C. Cavalcanti. 2006. Estimating the density of a jaguar population in the Brazilian Pantanal using camera-traps and capture-recapture sampling in combination with GPS radio-telemetry. *Biological Conservation* **129**:487-496.
- Stanley T. R., and J. D. Richards. 2004. CloseTest version 3.0, a program for testing capture-recapture data for closure. US Geological Survey, Fort Collins Science Center, Colorado, USA.
- Thüler, K. 2002. Spatial and Temporal Distribution of Coat Patterns of Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in two reintroduced Populations in Switzerland. Kora-Bericht **13**:1-35.
- Trolle, M., and M. Kéry. 2003. Estimation of ocelot density in the Pantanal using capture-recapture analysis of camera-trapping data. *Journal of Mammalogy* **84**:607-614.
- Wegge, P., C. P. Pokheral, and S. R. Jnawali. 2004. Effects of trapping effort and trap shyness on estimates of tiger abundance from camera trap studies. *Animal Conservation* **7**:251-256.

- White, G. C., and K. P. Burnham. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* **46**:120-138.
- Zimmermann, F. 2004. Conservation of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in a fragmented landscape — habitat models, dispersal and potential distribution. PhD thesis, Université de Lausanne, Lausanne.
- Zimmermann, F., and U. Breitenmoser. 2002. A distribution model for the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the Jura Mountains, Switzerland. Pages 653-660 in J. M. Scott, P. J. Heglund, F. Samson, J. Hauffer, M. Morrison, M. Raphael, and B. Wal, editors. Predicting species occurrences: Issue of accuracy and scale. Island Press, Covelo.
- Zimmermann, F., and U. Breitenmoser. 2006. Bericht zum Monitoring des Luchses im Kanton Solothurn. Bericht erstellt im Rahmen des Programms KORA: 4pp.
- Zimmermann, F., Ch. Breitenmoser-Würsten & U. Breitenmoser. 2005. Natal dispersal of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Switzerland. *Journal of Zoology London* **267**:381-395.
- Zimmermann, F., A. Molinari-Jobin, S. Capt, and U. Mannhart. 2004. Zwei Bilder auf einen Blitz. Pages 10-11 in KORA, editor. KORA Jahresbericht 2003. KORA, Bern.
- Zimmermann, F., J.-M. Weber, A. Molinari-Jobin, A. Ryser, K. von Wattenwyl, A. Siegenthaler, P. Molinari, C. Angst, C. Breitenmoser-Würsten, S. Capt, and U. Breitenmoser. 2006. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2005. KORA-Bericht **35**:1-64.

## Bisher erschienene KORA Berichte / Rapports KORA parus / Published KORA reports

- KORA Bericht Nr. 36 Fattebert, J. & Zimmermann, F. 2007. Piégeage-photographique du lynx dans le Jura vaudois: rapport sur la session semi-intensive de l'automne 2006.
- KORA Bericht Nr. 35 Zimmermann, F., Weber, J.-M., Molinari-Jobin, A., Ryser, A., von Wattenwyl, K., Siegenthaler, A., Molinari, P., Angst, Ch., Breitenmoser-Würsten, Ch., Capt S. & Breitenmoser, U. 2006. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2005.
- KORA Bericht Nr. 34 Ryser, A., von Wattenwyl, K., Zimmermann, F. & Breitenmoser, U. 2006. 2. Monitoringbericht LUNO2. Status Luchs Nordostschweiz Winter 2005/2006.
- KORA Bericht Nr. 33e Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch., von Arx, M., Zimmermann, F., Ryser, A., Angst, Ch., Molinari-Jobin, A., Molinari, P., Linnell, J., Siegenthaler, A. & Weber, J.-M. 2006. Guidelines for the Monitoring of Lynx. Workshop on the Conservation and the Monitoring of the Balkan lynx.
- KORA Bericht Nr. 32 Angst, Ch. & J.-M. Weber. 2005. Evaluation de la faisabilité d'une réintroduction de la perdrix grise en Ajoie (JU).
- KORA Bericht Nr. 31 Ryser, A., von Wattenwyl, K., Willisch, Ch., Leathwood, I., Zimmermann, F., Breitenmoser, U. 2005. 1. Monitoringbericht LUNO2 – Statusbericht Luchs Nordostschweiz Winter 2004/2005.
- KORA Bericht Nr. 30 Boutros, D., 2005. Luchs & Co. eine Lernwerkstatt.
- KORA Bericht Nr. 29 f, d Zimmermann, F., Molinari-Jobin, A., Weber J.-M., Capt, S., Ryser, A., Angst, Ch., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2005. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2004.
- KORA Bericht Nr. 28 Zajec, P., Zimmermann, F., Roth, H.U. & Breitenmoser, U. 2005. Die Rückkehr des Bären in die Schweiz – Potentielle Verbreitung, Einwanderungsrouten und mögliche Konflikte.
- KORA Bericht Nr. 28 e Zajec, P., Zimmermann, F., Roth, H.U. & Breitenmoser, U. 2005. The return of the Brown bear to Switzerland – Suitable habitat distribution, corridors and potential conflicts.
- KORA Bericht Nr. 27 f Weber, J.-M., 2004. Monitoring Loup 1999-2003.
- KORA Bericht Nr. 26 Zimmermann, F., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Ryser, A., Angst, Ch., von Wattenwyl, K., Burri, A., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2004. Monitoring Luchs Schweiz 2003.
- KORA Bericht Nr. 25 f, d Burri, A., Kläy E.-M., Landry, J.-M., Maddalena, T., Oggier, P., Solari, C., Torriani, D., Weber, J.-M. 2004: Rapport final Projet Loup Suisse – Prévention 1999-2003.
- KORA Bericht Nr. 24 d Capt, S., Lüps, P., Nigg, H. & Fivaz, F. 2005: Relikt oder geordneter Rückzug ins Réduit – Fakten zur Ausrottungsgeschichte des Braunbären Ursus arctos in der Schweiz.
- KORA Bericht Nr. 24 f Capt, S., Lüps, P., Nigg, H. & Fivaz, F. 2005: Reliquat ou retrait coordonné dans le réduit suisse - Récit historique de l'éradication de l'ours brun Ursus arctos en Suisse (en préparation).
- KORA Bericht Nr. 23 Ryser, A. et al. in Vorbereitung: Der Luchs und seine Beutetiere in den schweizerischen Nordwestalpen 1997-2000.
- KORA Bericht Nr. 22 Ryser, A., von Wattenwyl, K., Ryser-Degiorgis, M.-P., Willisch, Ch., Zimmermann, F. & Breitenmoser, U. 2004: Luchsumsiedlung Nordostschweiz 2001-2003, Schlussbericht Modul Luchs des Projektes LUNO.
- KORA Bericht Nr. 21 f Doutaz, J. & Koenig A. 2004: Le retour du Loup (Canis lupus L.) en Suisse: Analyse des données disponibles en vue de la réalisation d'un modèle de distribution potentielle.
- KORA Bericht Nr. 20 Boutros, D. & Baumgartner, HJ. 2004: Erfahrungen der Kontaktgruppe Luchs Simmental und Saanenland: Auswertung einer Umfrage unter den Mitgliedern.
- KORA Bericht Nr. 19 e von Arx, M., Breitenmoser-Würsten, Ch., Zimmermann, F. & Breitenmoser, U. 2004. Status and conservation of the Eurasian Lynx (Lynx lynx) in Europe in 2001.
- KORA Bericht Nr. 18 e Weber, J.-M. (ed.), 2003. Wolf monitoring in the Alps.
- KORA Bericht Nr. 17 f Waeber, P. 2003. Evaluation de l'estivage ovin en fonction du retour du loup.
- KORA Bericht Nr. 17 d Waeber, P. 2003. Evaluation der Schafsömmern im Hinblick auf die Rückkehr des Wolfes.

## Bisher erschienene KORA Berichte / Rapports KORA parus / Published KORA reports

- KORA Bericht Nr. 16 f Zimmermann, F., von Wattenwyl, K., Ryser, A., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Burri, A., Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Angst, Ch. 2003. Monitoring Lynx Suisse 2002.
- KORA Bericht Nr. 16 Zimmermann, F., von Wattenwyl, K., Ryser, A., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Burri, A., Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Angst, Ch. 2003. Monitoring Luchs Schweiz 2002.
- KORA Bericht Nr. 15 f Zimmermann, F., von Wattenwyl, K., Ryser, A., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Burri, A., Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Angst, Ch. 2002. Monitoring Lynx Suisse 2001
- KORA Bericht Nr. 15 Zimmermann, F., von Wattenwyl, K., Ryser, A., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Burri, A., Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Angst, Ch. 2002. Monitoring Luchs Schweiz 2001.
- KORA Bericht Nr. 14 Laass, J. 2002. Fotofallen-Monitoring im westlichen Berner Oberland 2001. Fotofallen-Extensiv-Einsatz 2001. Fotofallen-Intensiv-Einsatz Winter 2001/2002.
- KORA Bericht Nr. 13 e Thüler, K. 2002. Spatial and Temporal Distribution of Coat Patterns of Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in two reintroduced Populations in Switzerland.
- KORA Bericht Nr. 12 e Boutros, D. 2002. Characterisation and Assessment of Suitability of Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) Den Sites.
- KORA Bericht Nr. 11 f Breitenmoser, U., Capt, S., Breitenmoser-Würsten, Ch., Angst, Ch., Zimmermann, F., & Molinari-Jobin, A. 2002. Le Lynx dans le Jura – Aperçu de l'état actuel des connaissances.
- KORA Bericht Nr. 11 d Breitenmoser, U., Capt, S., Breitenmoser-Würsten, Ch., Angst, Ch., Zimmermann, F. & Molinari-Jobin, A. 2002. Der Luchs im Jura – Eine Übersicht zum aktuellen Kenntnisstand.
- KORA Bericht Nr. 10 d Angst, Ch., Haagen, S. & Breitenmoser, U. 2002. Übergriffe von Luchsen auf Kleinvieh und Gehegetiere in der Schweiz. Teil II: Massnahmen zum Schutz von Nutztieren.
- KORA Bericht Nr. 9 Breitenmoser-Würsten, Ch., Zimmermann, F., Ryser, A., Capt, S., Lass, J. & Breitenmoser, U. 2001. Untersuchungen zur Luchspopulation in den Nordwestalpen der Schweiz 1997-2000.
- KORA Bericht Nr. 8 Ryser-Degiorgis M.-P. 2001. Todesursachen und Krankheiten beim Luchs – eine Übersicht.
- KORA Bericht Nr. 7 e Breitenmoser-Würsten, Ch., Breitenmoser, U. (Eds), 2001. The Balkan Lynx Population – History, Recent Knowledge on its Status and Conservation Needs.
- KORA Bericht Nr. 6 Laass, J. 2001. Zustand der Luchspopulation im westlichen Berner Oberland im Winter 2000. Fotofallen-Einsatz Nov./Dez. 2000.
- KORA Bericht Nr. 5 d Angst, Ch., Olsson, P. & Breitenmoser, U. 2000. Übergriffe von Luchsen auf Kleinvieh und Gehegetiere in der Schweiz. Teil I: Entwicklung und Verteilung der Schäden.
- KORA Bericht Nr. 4 Zimmermann, F. 1998. Dispersion et survie des Lynx (*Lynx lynx*) subadultes d'une population réintroduite dans la chaîne du Jura.
- KORA Bericht Nr. 3 Workshop on Human Dimension in Large Carnivore Conservation. Contributions to the Workshop 26.11.97 at Landshut, Switzerland, with Prof. Dr. Alistair J. Bath. 1998.
- KORA Bericht Nr. 2 e Landry, J.M. 1999. The use of guard dogs in the Swiss Alps: A first analysis.
- KORA Bericht Nr. 2 d Landry, J.-M. 1999. Der Einsatz von Herdenschutzhunden in den Schweizer Alpen: erste Erfahrungen.
- KORA Bericht Nr. 2 Landry, J.-M. 1998. L'utilisation du chien de protection dans les Alpes suisses: une première analyse.
- KORA Bericht Nr. 1 Landry, J.-M. 1997. La bête du Val Ferret.