

**Abundanz und Dichte des Luchses im Jura-Mitte:
Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im K-I
Februar-April 2008**



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 43*d*

**Abundanz und Dichte des Luchses im Jura-Mitte:
Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im K-I, Februar-April 2008**

**Autoren
Auteurs
Authors**

Julien Fattebert, Simon Caviezel, Batur Avgan,
Christine Breitenmoser-Würsten, Urs Breiten-
moser & Fridolin Zimmermann

**Bearbeitung
Adaptation
Editorial**

Julien Fattebert (Layout)

**Bezugsquelle
Source
Source**

KORA, Thunstrasse 31, CH-3074 Muri
T +41 31 951 70 40 / F +41 31 951 90 40
info@kora.ch
pdf-Dokument: www.kora.ch

**Titelbild
Photo de la page de titre
Front cover picture**

B137, 16 März 2008, Biel
Foto © D. Trachsel / KORA

**Abundanz und Dichte des Luchses im Jura-Mitte:
Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im K-I
Februar-April 2008**

Julien Fattebert, Simon Caviezel, Batur Avgan,
Christine Breitenmoser-Würsten, Urs Breitenmoser
& Fridolin Zimmermann

Danksagung

Wir danken allen ganz herzlich, die uns bei der Durchführung des systematischen Fotofallen-Durchgangs im Jura-Mitte in irgend einer Form unterstützt haben. Besonders danken wir den Verantwortlichen des Bundesamtes für Umwelt und den Kantonen R. Schnidrig (BAFU), T. Briner (BAFU), A. Fiechter (Service de la faune, des forêts et de la nature NE, SFFN) und P. Juesy (Amt für Landwirtschaft und Natur BE, LANAT) für die Finanzierung dieser Studie, den Wildhütern, Jägern und Naturfreunden E. Balmer, N. Balmer, S. Balmer, T. Bartlomé, F. Bassin, J.-D. Béguelin, J.-L. Bohrer, N. Bourquin, B. Doutaz, F. Dupré, J.-P. Flück, J. Ganguillet, C. Godel, C. Grünenwald, K. Hasler, U. Haussener, B. Hofer, A. Jaquet, A. Kammermann, B. Lehmann, Y. Leuzinger, A. Lever, F. Maeder, R. Matthey, H.-A. Meister, M. Meyer, V. Nappiot, A. Nikles, N. Rochat, D. Rohrer, A. Romang, S. Roth, J.-L. Sommer, T. Studer, J.-F. Sunier, R. Suter, D. Trachsel, I. Tripet, V. Ulrich, M. Vermot, J.-M. Weber, und C. Zbinden für die Hilfe der Standortwahl, Fotofallen-Installation, Kontrolle und Abräumen. Unser Dank gilt auch A. Pittet vom CEDR, IISc Bangalor für das Ausleihen der vier indischen, digitalen Fotofallen sowie Martin Scholl und die Bandgenossenschaft-Bern für ihre technische Unterstützung.

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: DHM 25, 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 des Luchses im Jura-Mitte: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im K-I Februar-April 2008

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| | Danksagung | 4 |
| | Zusammenfassung | 6 |
| | Résumé | 6 |
| | Abstract | 6 |
| 1 | Einleitung | 7 |
| 2 | Untersuchungsgebiete | 7 |
| 3 | Material und Methode | 8 |
| 4 | Resultate und Diskussion | 8 |
| 4.1 | Minimale Anzahl selbständiger Luchse | 8 |
| 4.2 | Schätzung der Abundanz | 9 |
| 4.3 | Schätzung der Dichte | 9 |
| 5 | Referenzen | 11 |
| 6 | Anhang: Detaillierte Methoden | 12 |
| 6.1 | Fotofallen-Einsatz | 12 |
| 6.2 | Minimale Anzahl selbständiger Luchse | 12 |
| 6.3 | Schätzung der Abundanz und der Dichte mittels Fang-Wiederfang Methodik | 12 |
| 6.4 | Schätzung der Abundanz | 13 |
| 6.5 | Schätzung der Dichte | 13 |
| 6.6 | Referenzen | 13 |

Zusammenfassung - Das Fotofallen-Monitoring des Europäischen Luchses (*Lynx lynx*) im zentralen Schweizer Jura wurde während 60 Nächten vom 10. Februar bis 10. April 2008 durchgeführt. Es wurden an siebenundfünfzig Standorten Stichproben anhand von jeweils zwei zueinander ausgerichteten Fotofallen erhoben, um beide Flanken der Luchse für die individuelle Bestimmung zu erhalten. In der zweimonatigen Periode wurde eine Mindestanzahl von sechs selbständigen Luchsen nachgewiesen. Die Fang-Wiederfang - Schätzung der Abundanz mit M_h ergab $7,0 \pm 2,0$ selbständige Luchse. Im Referenzgebiet der Studie wurde eine Dichte von $1,02 \pm 0,29$ selbständigen Luchsen pro 100 km^2 festgestellt. Die Dichte im effektiven Untersuchungsgebiet war $0,43 \pm 0,13$ selbständige Luche pro 100 km^2 oder $0,61 \pm 0,19$ selbständige Luchse pro 100 km^2 geeignetem Habitat. Im Referenzgebiet war die Dichteschätzung ähnlich wie im nördlichen Bereich des Schweizer Jura im Frühling 2007. Ebenfalls ähnlich war die Schätzung bezüglich zum Intervall von 0,84-0,99 selbständige Luchse pro 100 km^2 , welches durch Telemetry in den 90er Jahren im südlichen Teil des Schweizer Jura bestimmt wurde. Schätzungen für das effektiv untersuchte Gebiet und das geeignete Habitat waren tiefer als im nördlichen Jura.

Résumé - Le piégeage photographique du lynx (*Lynx lynx*) a été effectué durant 60 nuits, du 10 février au 10 avril 2008, dans le centre du Jura suisse. Cinquante-sept sites ont été surveillés à l'aide de paires de pièges photographiques afin de photographier les deux flancs des lynx pour permettre une identification individuelle de manière certaine. Un nombre minimum de six lynx indépendants a été détecté au cours des deux mois d'échantillonnage. L'estimation de l'abondance par le modèle de capture-recapture M_h était de $7,0 \pm 2,0$ lynx indépendants. Dans l'aire de référence, la densité des lynx était de $1,02 \pm 0,29$ lynx indépendants pour 100 km^2 . La densité dans l'aire effectivement échantillonnée était de $0,43 \pm 0,13$ lynx indépendants pour 100 km^2 ou $0,61 \pm 0,19$ lynx indépendants pour 100 km^2 d'habitat favorable. Au niveau de l'aire de référence, l'estimation de la densité était similaire à la valeur estimée dans le Nord du Jura suisse au printemps 2007. Cette valeur est aussi semblable aux valeurs de 0,84-0,99 lynx indépendants pour 100 km^2 calculées pour le Sud du Jura suisse lors d'études télémétriques. Par contre, les valeurs de la densité pour l'aire effectivement échantillonnée et l'habitat favorable étaient plus faibles que les estimations dans le Nord du Jura.

Abstract - Photo-trapping of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) was carried out during 60 nights, from the 10th February to the 10th April 2008 in the central part of the Swiss Jura Mountains. Fifty-seven sites were sampled using pairs of camera traps, in order to picture both flanks of the lynx to ensure individual identification. A minimum number of six independent lynx was pictured during the two months sampling. The capture-recapture estimate of abundance under M_h was 7.0 ± 2.0 independent lynx. In the reference study area, the lynx density was 1.02 ± 0.29 independent lynx per 100 km^2 . Density in the effective sampling area was 0.43 ± 0.13 independent lynx per 100 km^2 or 0.61 ± 0.19 independent lynx per 100 km^2 of suitable habitat. In the reference area, the density estimate is similar to the value estimated in the Northern part of the Swiss Jura Mountains in spring 2007. This value is also similar to the range of 0.84-0.99 independent lynx per 100 km^2 assessed in the southern part of the Swiss Jura in the nineties using telemetry. Estimates for the effectively sampled area and the suitable habitat were lower than in the Northern Jura.

1 Einleitung

Die Luchse (*Lynx lynx*) sind diskret und unauffällig, haben grosse Reviere (Breitenmoser *et al.* 1993, Breitenmoser-Würsten *et al.* 2007), dementsprechend geringe Dichten und sind deshalb schwierig zu zählen. Im 2007 zeigte eine erste Abschätzung der Abundanz und der Dichte des Luchses im Norden des Juras (Zimmermann *et al.* 2007a) anhand der Fang-Wiederaufnahme-Methode mittels Fotofallen, die seit 1998 in den Alpen angewendet wird (Laass 1999, Zimmermann *et al.* 2007b), die Machbarkeit solcher Studien auch in diesem Gebiet. Die Zunahme an Zufallsbeobachtungen von Luchsen in den letzten Jahren im zentralen Schweizer Jura (Zimmermann *et al.* 2007c) waren der Auslöser dieser Studie, deren Ziel die Berechnung der Abundanz und der Dichte des Luchses im Neuenburger und Berner Jura mit der selben Methode war.

2 Untersuchungsgebiet

Das Referenzgebiet wurde vorab im Kader der IKK-I Jura¹ präsentiert und diskutiert. Es ist umgrenzt vom Neuenburger- und Bielersee im Süd-Osten, die Grenze zu Frankreich im Nord-Westen, dem Taubenloch im Nord-Osten und der Montagne de Boudry im Süd-Westen (Abb. 1). Das Referenzgebiet wurde auf Grund von Habitats-Limiten (z.B. Täler, grosse Strassen) ausreichend gross gewählt, damit es (i) vergleichbar zu den Studiengengebieten der Alpen und des Juras (z.B. Zimmermann *et al.* 2007a, b) und (ii) repräsentativ für die Population der Luchse im zentralen Schweizer Jura ist. Auf Anfrage der Jagdverwaltung des Kantons Neuenburg wurden acht Standorte ausserhalb des Referenzgebietes hinzugefügt.

¹Die IKK-I des Grossraubtierkompartiments Jura besteht aus Vertretern des Bundesamt für Umwelt (BAFU) und der Kantone Waadt, Neuenburg, Jura, Bern, Solothurn, Basellandschaft und Aargau.

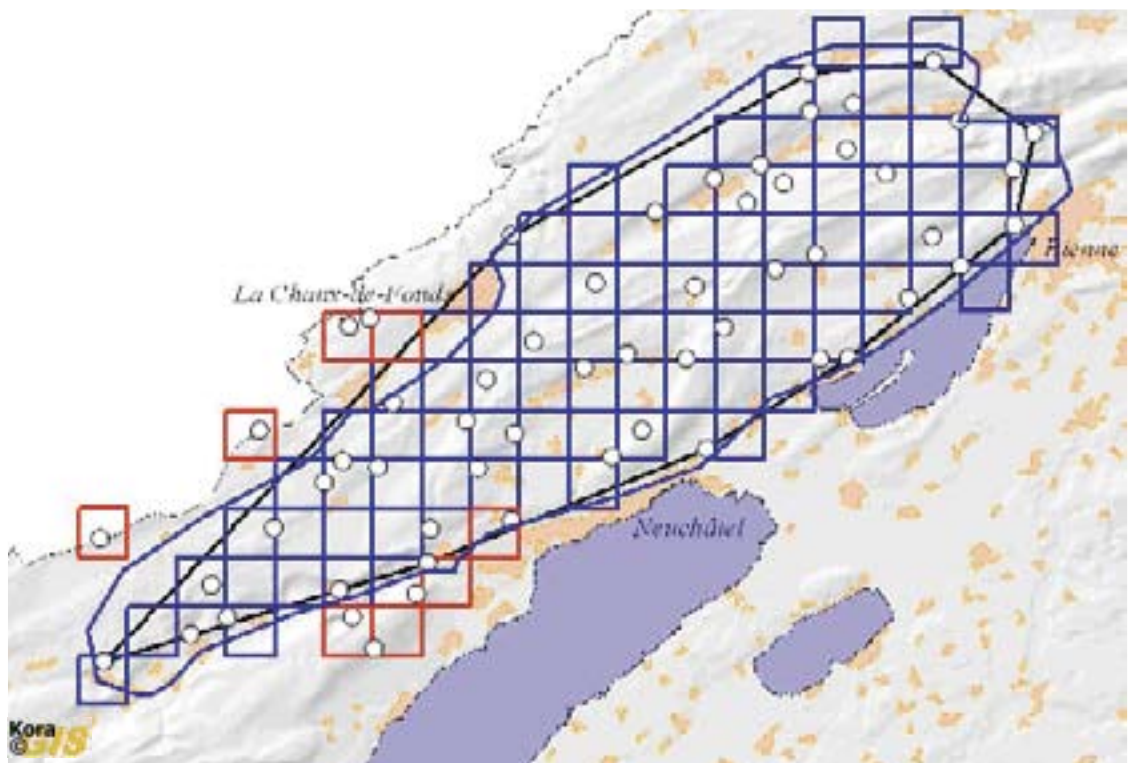


Abb. 1. Untersuchungsgebiet. Das Referenzgebiet ist definiert durch das blaue Polygon. Die blauen Quadrate bezeichnen das Untersuchungsrastrer im Referenzgebiet. Die roten Quadrate bezeichnen die Erweiterung des Untersuchungsrastrers ausserhalb des Referenzgebietes gemäss der Anfrage der Jagdverwaltung des Kantons Neuenburg. Die Standorte der Fotofallen sind mit weissen Kreisen markiert.

3 Material und Methode

Die angewandte Methode ist die gleiche wie für die Schätzung der Abundanz und Dichte mittels Fotofallen in den Schweizer Alpen seit 1998 (Zimmermann *et al.* 2007b) und im nördlichen Jura im 2007 (Zimmermann *et al.* 2007a). Die Methode ist im Anhang dieses Berichts detailliert beschrieben.

Siebenundfünfzig Standorten wurden während 60 Nächten – vom 10./11. Februar bis zum 9./10. April 2008 – mit Fotofallen überwacht. Dies entspricht einer theoretischen Überwachungsdauer von 3420 Fallennächten. Jeder Fotofallenstandort wurde mit zwei Geräten – die sich auf jeder Seite eines Wechsels gegenüber stehen – bestückt, um beide Flanken der Tiere erfassen zu können, was eine eindeutige Identifikation der Luchse ermöglicht (Zimmermann *et al.* 2007a, b).

Die Luchse wurden individuell nach ihren einzigartigen Merkmalen des Fellmusters identifiziert. Diese Charakteristik erlaubt, eine Fanggeschichte für jedes Individuum zu erstellen. Die Daten wurden nach der Fang-Wiederfang-Methode analysiert, um die Abundanz der Luchse unter

Berücksichtigung ihrer Fangwahrscheinlichkeit zu schätzen (Zimmermann *et al.* 2007a, b).

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) das Konvexpolygon der äussersten Standorte plus einen Puffer, nach Karanth & Nichols (1998), und (iii) den geeigneten Lebensraum für den Luchs innerhalb des Polygons plus Puffer, definiert durch ein Habitatmodell (Zimmermann & Breitenmoser 2007).

4 Resultate und Diskussion

Trotz der an jedem Standort aufgehängten Informationsblätter, welche die Absicht der Studie beschrieben, wurde Material an zwei Standorten gestohlen. Zusätzlich zu diesen Sabotageakten reduzierten technische Defekte und Programmierfehler die potentiellen Fallennächte auf einen effektiven Wert von 3059, was 89,4% des Potenzials entspricht.

Tab. 1. Erfasste Luchse auf Wechseln und Rissen im Referenzgebiet und in der Erweiterung während des zweimonatigen Durchgangs. Anzahl Erfassungen und Anwesenheit in den verschiedenen Kantonen.

| Luchs | Anzahl Erfassungen an Wechseln | Anzahl Erfassungen an Rissen | Bekannt seit/Kanton |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Erfassungen im Referenzgebiet | | | |
| B137 | 2 (BE) | | |
| B138 (+ 2 juv) ^{a)} | 4 (BE) | | |
| B136 | 4 (NE/BE) | | 2007/BE ^{b)} |
| B124 | 1 (NE) | | 2006/NE ^{c)} |
| R86 | 1 (NE) | | 2006/VD ^{d)} |
| B135 | | 1 (NE) | |
| Erfassungen in der Erweiterung | | | |
| L93 | 1 (NE) | 1 (NE) | |

(a) Die Juvenilen sind wegen ihrer grossen Sterblichkeit während den ersten zwei Lebensjahren nicht in die Schätzungen der Abundanz und der Dichte (Zimmermann *et al.* 2007a, b) miteinbezogen; (b) B136 war bereits unter dem Namen R88 bekannt (R weil bis anhin nur die rechte Flanke fotografiert worden war). Er wurde während des Durchgangs im nördlichen Jura 2007 bei Envers de Montoz (BE) erfasst, was einer Distanz von 36 km Luftlinie vom weitest entfernten Punkt im Val de Ruz (NE) entspricht; (c) B124 wurde 2006 an einem Riss in der Region von La Sagne und 2007 bei Rochefort erfasst; (d) R86 wurde zum ersten Mal im Herbst 2006 anlässlich des semi-intensiven Fotofallen-Durchgangs im waadtländischen Jura erfasst (Fattebert & Zimmermann 2007), 24 km Luftlinie entfernt.

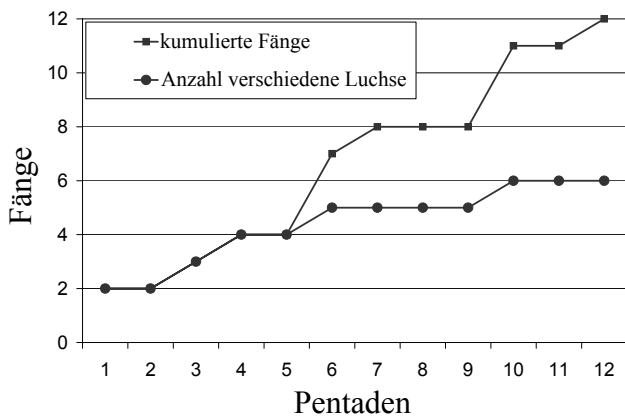


Abb. 2. Entwicklung der kumulierten Fänge und der Anzahl verschiedener Luchse pro Pentade im Verlauf der 12 Pentaden.

4.1 Minimale Anzahl Luchse

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurden während den zwei Monaten bei 13 Erfassungen sechs selbständige und zwei juvenile Luchse auf Wechsellern fotografiert (Tab. 1). Durch das Zusammenfügen der Daten in Pentaden wurde die Anzahl Erfassungen auf 12 zurückgesetzt (Abb. 2). Die Daten der selbständigen Luchse, die auf Wechsellern innerhalb des Referenzgebiets (n=5) erfasst wurden, sind für die Schätzung der Abundanz und der Dichte nach der Fang-Wiederfang-Methode benutzt worden (Zimmermann *et al.* 2007a, b). Zusätzlich wurde ein Individuum (L93) ausserhalb des Referenzgebiets an einem Wechsel im Creux-du-Van (NE) und an einem Riss oberhalb von Fleurier (NE) fotografiert. Ein zusätzliches Individuum (B135) wurde bei einem Riss im Val de Ruz fotografiert (Abb. 3). B135 liegt innerhalb des

Tab. 2. Schätzung der Abundanz und Dichte selbständiger Luchse nach M_h für die Untersuchungsgebiete im Jura Mitte und im Jura Nord: im Referenzgebiet, im Polygon plus Puffer und im für den Luchs geeigneten Habitat innerhalb des Polygons plus Puffer. Die Schätzungen basieren auf der Analyse nach der Fang-Wiederfang-Methode der Fotofallendaten der Luchse, die auf Wechsellern erfasst wurden..

| Studie | Fang-Wahrscheinlichkeit | N_{min} | $N \pm SE(N)$ | Schätzung der Dichte $D \pm SE(D)$ (selbständige Luchse pro 100 km ²) | | |
|--------------------------|-------------------------|-----------|---------------|--|------------------|--------------------|
| | | | | Referenzgebiet | Polygon + Puffer | geeignetes Habitat |
| Jura Mitte ^{a)} | 0,13 | 6 | 7,0 ± 2,0 | 1,02 ± 0,29 | 0,43 ± 0,13 | 0,61 ± 0,19 |
| Jura Nord ^{b)} | 0,16 | 9 | 10,0 ± 3,4 | 1,13 ± 0,39 | 0,80 ± 0,28 | 1,13 ± 0,41 |

(a) Diese Studie, (b) Zimmermann *et al.* 2007.

Schätzbereichs der Abundanz im Referenzgebiet.

4.2 Schätzung der Abundanz

Mit der Fang-Wiederfang-Methode resultiert eine Schätzung von $7,0 \pm 2,0$ selbständigen Luchsen im Referenzgebiet von 685 km² nach dem M_h , das eine Heterogenität in den Fangwahrscheinlichkeiten berücksichtigt (Tab. 2).

4.3 Schätzung der Dichte

Im Referenzgebiet war die Dichte selbständiger Luchse $1,02 \pm 0,29$ pro 100 km². 8) Unter Berücksichtigung der Bewegungen der Luchse, die an mehr als einem Standort fotografiert wurden, entsprach die Dichte $0,43 \pm 0,13$ selbständigen Luchsen pro 100 km² für das Schätzgebiet (Polygon plus Puffer: 1647 km²). Die Dichte im geeigneten Habitat – definiert durch ein Habitatmodell (Zimmermann & Breitenmoser 2007) – betrug $0,61 \pm 0,19$ selbständige Luchse pro 100 km² geeignetem Habitat (Tab. 2, Abb. 4).

Auf dem Niveau des Referenzgebiets ist die Schätzung der Dichte vergleichbar mit jener, die mittels Fang-Wiederfang-Methode im nördlichen Schweizer Jura im Frühling 2007 berechnet wurde (Tab. 2) und ähnlich der $0,84 \pm 0,99$ selbständigen Luchse pro 100 km² im südlichen Jura aus der Telemetrie-Untersuchung in den 90er Jahren (Breitenmoser *et al.* 1993, Breitenmoser-Würsten *et al.* 2007). Hingegen sind die Werte der

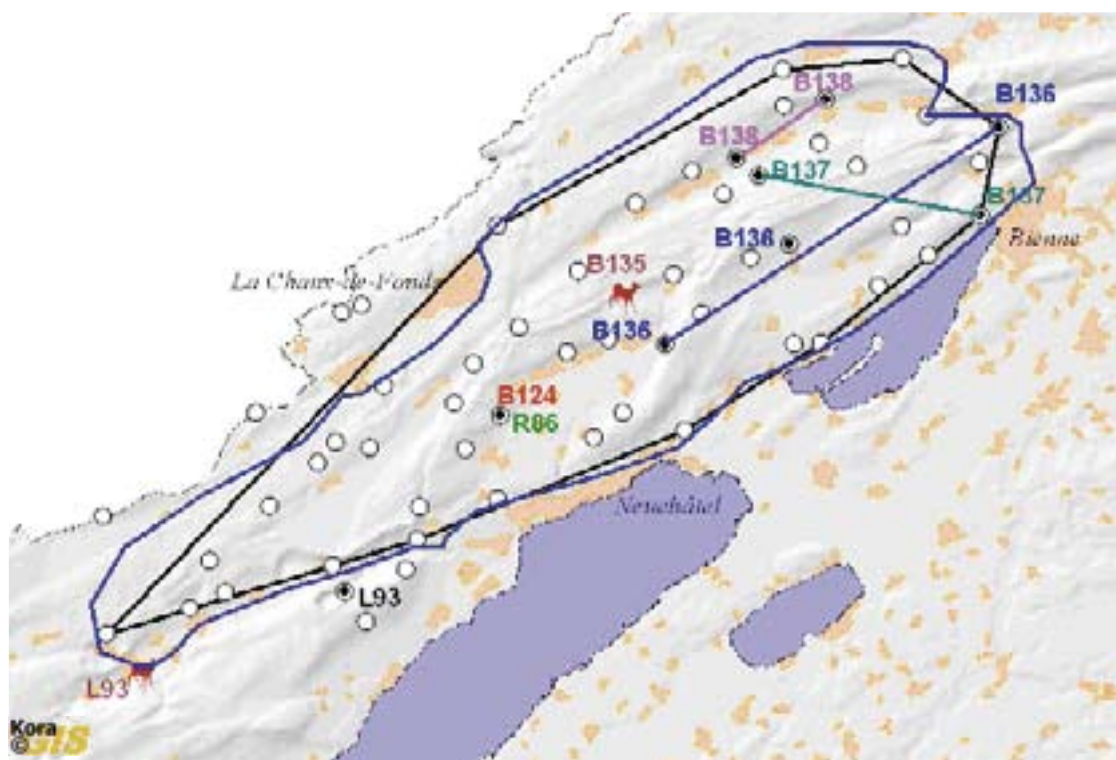


Abb. 3. Fotofallenstandorte im Untersuchungsgebiet mit den fotografierten Luchsen. Referenzgebiet = blaue Linie; Konvexpolygon = schwarze Linie. Die Kreise stehen für Standorte mit (⊙) und ohne (○) Fotos von Luchsen. Die farbigen Linien bezeichnen die maximalen Distanzen zwischen den Standorten der einzelnen Luchse, die an mindestens zwei verschiedenen Standorten fotografiert wurden.

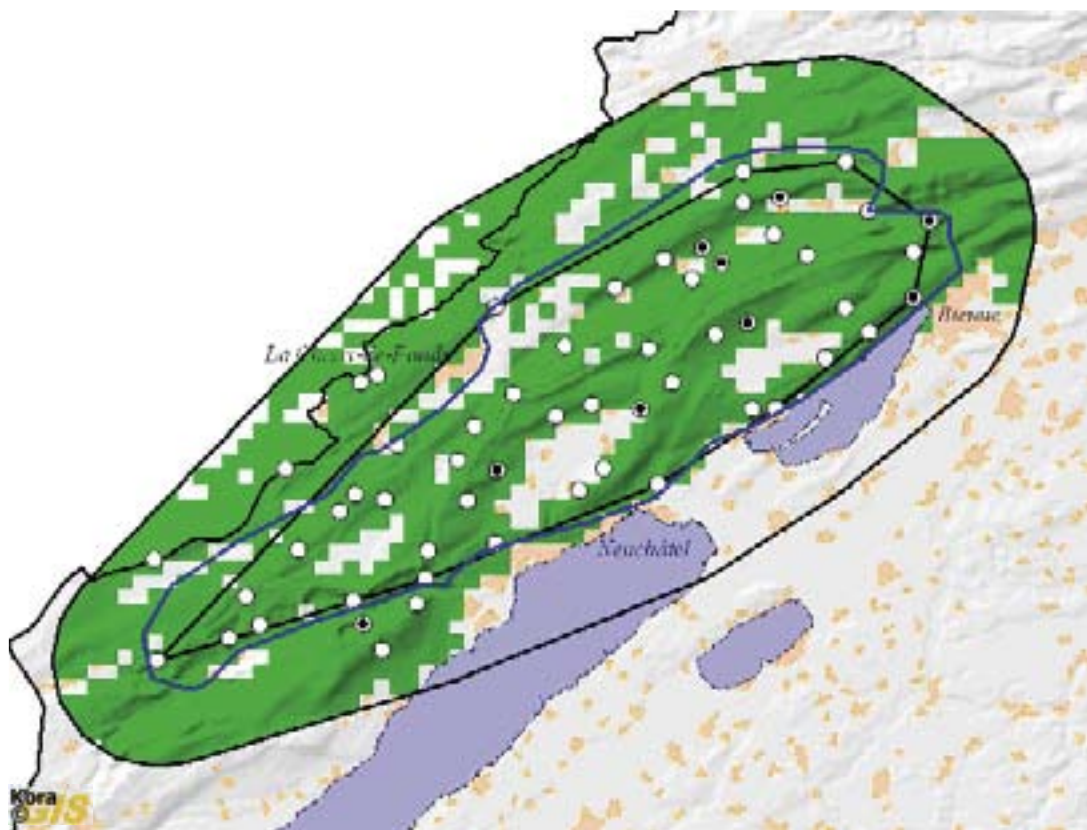


Abb. 4. Standorte ohne (○) und mit mindestens einer (⊙) Erfassung eines Luchses, Gebiet mit Fotofallen (inneres Polygon) und Pufferzone von 7 km (äusseres Polygon). Die grünen Bereiche bezeichnen das geeignete Luchshabitat. Es wurde an Hand eines Luchshabitatmodells definiert. Die blaue Linie begrenzt das Referenzgebiet.

Dichte im Polygon plus Puffer und im geeigneten Luchshabitat innerhalb des Polygons plus Puffer tiefer als die Schätzungen im nördlichen Jura. Eine Luchshabitatmodellierung hatte früher schon gezeigt, dass das Habitat im zentralen Schweizer Jura für den Luchs weniger günstig ist (Zimmermann & Breitenmoser 2002).

5 Referenzen

- Breitenmoser, U., P. Kaczensky, M. Dötterer, Ch. Breitenmoser-Würsten, S. Capt, F. Bernhart, & 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. Vandell, A. Molinari-Jobin, P. Molinari & U. Breitenmoser. 2007. Spatial and social stability of a Eurasian lynx (*Lynx lynx*) population: an assessment of 10 years of observation in the Jura Mountains. *Wildlife Biology* 13 (4): 365-380.
- Fattebert, J. & F. Zimmermann 2007. Piégeage photographique du lynx dans le Jura vaudois: rapport sur la session semi-intensive de l'automne 2006. KORA Bericht 36f, KORA, Bern.
- Karanth, K. U. & J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures & recaptures. *Ecology* 79:2852-2862.
- Laass, J. 1999. Evaluation von Photofallen für ein quantitatives Monitoring einer Luchspopulation in den Schweizer Alpen. Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.
- Zimmermann, F. & Breitenmoser, U. 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. Haufler, M. Morrison, M. Raphael, and B. Wal, editors. *Predicting species occurrences: Issue of accuracy and scale*. Island Press, Covelo.
- Zimmermann, F. & Breitenmoser, U. 2007. Potential distribution and population size of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the Jura Mountains and possible corridors to adjacent ranges. *Wildlife Biology*, 13, 406-416.
- Zimmermann, F., J. Fattebert, Ch. Breitenmoser-Würsten & U. Breitenmoser. 2007a. Abondance et densité du lynx: estimation par capture-recapture photographique dans le Nord du Jura suisse KORA Bericht 37df, KORA, Bern.
- Zimmermann, F., A. Molinari-Jobin, Ch. Breitenmoser-Würsten & U. Breitenmoser. 2007b. Estimation of Lynx (*Lynx lynx*) Densities in the Swiss Alps Using Photographic Capture-Recapture Sampling. P. 58 in Hughes, J. & R. Mercer (compilers). 2007. *Programme and Abstracts, Felid Biology and Conservation Conference, 17-20 September 2007, Oxford, UK*.
- Zimmermann, F., J.-M. Weber, A. Molinari-Jobin, A. Ryser, J. Fattebert, Ch. Breitenmoser-Würsten, S. Capt & U. Breitenmoser. 2007c. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2006. KORA Bericht 40, KORA, Bern.

6 Anhang: Detaillierte Methoden

6.1 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 und mit einer «Master-Fotofalle» und einem gegenüberliegenden «Slave»^a bestückt, um beide Flanken der Tiere erfassen zu können, was eine eindeutige Identifikation der Luchse ermöglicht (Zimmermann *et al.* 2007a, b). Während ihrer längeren Verschiebungen benutzen Luchse regelmässig leicht begehbare Passagen wie Forststrassen. Die gewählten Standorte waren entlang (i) Forststrassen, (ii) Wanderwegen und (iii) selten entlang Wildwechsellinien aufgestellt. Die Geräte wurden alle 6 bis 7 Tage kontrolliert, um Akkus oder Batterien zu wechseln und falls nötig Filme und defekte oder zerstörte Geräte zu ersetzen.

6.2 Minimale Anzahl selbständiger Luchse

Die Anzahl verschiedener selbständiger^b 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. Da das Fleckenmuster beider Flanken eines Individuums unterschiedlich ist, müssen für eine eindeutige

^aDie «Master-Fotofalle» besitzt einen Infrarotbewegungsmelder, der beim Durchgang eines Warmblütlers oder bei einer thermischen Störung ein Bild auslöst. Der «Slave», der einfacher aufgebaut ist, wird durch den Blitz der gegenübergesetzten «Master-Fotofalle» ausgelöst.

^b 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.

Identifikation beide Seiten bekannt sein (Zimmermann *et al.* 2007a, b); daher der Einsatz der «Slaves».

6.3 Schätzung der Abundanz und der Dichte mittels Fang-Wiederauffang Methodik

Wenn Tiere anhand natürlicher oder künstlicher Merkmale identifizierbar und von andern Individuen unterscheidbar sind, kann man aufgrund von Wiederauffängen (hier: wiederholtem Fotografieren) ihre Anzahl, ihre Fangwahrscheinlichkeit und die entsprechenden statistischen Fehler (Standardfehler) schätzen (Jennelle *et al.* 2002, Karanth 1995). Das Fang-Wiederauffang-Prinzip wurde zum ersten Mal im Jahr 1662 angewendet um die Bevölkerung von London zu schätzen. Erst 150 Jahre später hat Laplace die Grundformel schriftlich festgehalten: wenn die Fangwahrscheinlichkeit aller Individuen identisch ist, ist der Anteil der markierten Individuen in der Wiederauffang-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 Fotofallenstandorte, die so gewählt werden muss, dass das kleinste bekannte Revier der untersuchten Art mindestens einen Standort enthält (Karanth & Nichols 1998, 2002).

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 im Winter 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.

6.4 Schätzung der Abundanz

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.

6.5 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). Der Anteil der für den Luchs ungeeigneten Flächen innerhalb des Juras oder der Alpen kann sehr unterschiedlich 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 (2007), vom Polygon plus Puffer abgezogen.

6.6 Referenzen

- Jennelle, C. S., M. R. Runge & D. I. MacKenzie 2002. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals: a comment on misleading conclusions. *Animal Conservation* 5:199-120.
- 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. & J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures & recaptures. *Ecology* 79:2852-2862.
- Karanth, K. U. & J. D. Nichols 2002. Monitoring tigers and their prey: a manual for researchers, managers and conservationists in tropical Asia. Centre for Wildlife Studies, Bangalore.
- Laass, J. 1999. Evaluation von Photofallen für ein quantitatives Monitoring einer Luchspopulation in den Schweizer Alpen. Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.
- Otis, D. L., K. P. Burnham, G. C. White & D. R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs* 62:1-135.
- Stanley, T. R. & 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
- White, G. C. & 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. Pp. 180. Université de Lausanne, Lausanne.
- Zimmermann, F. & 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. Haufler, M. Morrison, M. Raphael, and B. Wal, editors. Predicting species occurrences: Issue of accuracy and scale. Island Press, Covelo.
- Zimmermann, F. & Breitenmoser, U. 2007. Potential distribution and population size of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the Jura Mountains and possible corridors to adjacent ranges. *Wildlife Biology*, 13, 406-416.
- Zimmermann, F., J.-M. Weber, A. Molinari-Jobin, A. Ryser, K. von Wattenwyl, A. Siegenthaler, P. Molinari, C. Angst, C. Breitenmoser-Würsten, S. Capt, & U. Breitenmoser. 2006. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2005. KORA-Bericht 35:1-64.
- Zimmermann, F., J. Fattebert, Ch. Breitenmoser-Würsten & U. Breitenmoser. 2007a. Abondance et densité du lynx: estimation par capture-recapture photographique dans le Nord du Jura suisse KORA Bericht 37df, KORA, Bern.
- Zimmermann, F., A. Molinari-Jobin, Ch. Breitenmoser-Würsten & U. Breitenmoser. 2007b. Estimation of Lynx (*Lynx lynx*) Densities in the Swiss Alps Using Photographic Capture-Recapture Sampling. P. 58 in Hughes, J. & R. Mercer (compilers). 2007. Programme and Abstracts, Felid Biology and Conservation Conference, 17-20 September 2007, Oxford, UK.

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

- KORA Bericht Nr. 42f Zimmermann, F., Fattebert, J., Caviezel, S., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2008. Abondance et densité du lynx dans le Nord-Ouest des Alpes: estimation par capture-recapture photographique dans le C-VI durant l'hiver 2007/08.
- KORA Bericht Nr. 42d Zimmermann, F., Fattebert, J., Caviezel, S., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2008. Abundanz und Dichte des Luchses in den Nordwestalpen: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im K-VI im Winter 2007/08.
- KORA Bericht Nr. 41e Weber, J.-M. & Fattebert, J. (eds). 2008. Wolf monitoring in the Alps: 5th Alpine Wolf Workshop, La Fouly (VS), Switzerland, 2-3 October 2007.
- KORA Bericht Nr. 40 Zimmermann, F., Weber, J.-M., Molinari-Jobin, A., Ryser, A., Fattebert J., Breitenmoser-Würsten, Ch., Capt S. & Breitenmoser, U. 2007. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2006.
- KORA Bericht Nr. 39 Zimmermann, F., Ryser-Degiorgis, M.-P., Ryser, A., Weber, J.-M., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2007. Schlussbericht Umsiedlung von zwei Luchsen aus den Waadtländer Alpen in den Waadtländer Jura 2006/07.
- KORA Bericht Nr. 38 Molinari-Jobin, A. & Breitenmoser, U. 2007. Systematisches Fotofallen-Monitoring im Kompartiment III und VI-Ost (Kt. BE, OW, NW, UR) im Winter 2006/07.
- KORA Bericht Nr. 37d Zimmermann, F., Fattebert, J., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2007. Abundanz und Dichte der Luchse: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura.
- KORA Bericht Nr. 37f Zimmermann, F., Fattebert, J., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2007. Abondance et densité du lynx : estimation par capture-recapture photographique dans le Nord du Jura suisse.
- 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).

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

- 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, H.-J. 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 Schafsömmernung im Hinblick auf die Rückkehr des Wolfes.
- 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.