

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/289556721>

# Huftierbestände und Verbissintensitäten nach der Luchswiederansiedlung im Kanton St. Gallen. Ungulate populations and browsing intensities following the reintroduction of lynx in t...

ARTICLE in SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR FORSTWESEN · JANUARY 2016

DOI: 10.3188/szf.2016.0013

---

READS

4

4 AUTHORS, INCLUDING:



Friedrich Reimoser

University of Veterinary Medicine in Vienna

79 PUBLICATIONS 398 CITATIONS

SEE PROFILE

# Huftierbestände und Verbissintensitäten nach der Luchswiederansiedlung im Kanton St. Gallen

Jasmin Schnyder

Fornat AG (CH)\*

Rolf Ehrbar

Waldregion 4 des Kantons St. Gallen (CH)

Friedrich Reimoser

Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft, Universität für Bodenkultur (AT)

Klaus Robin

Robin Habitat AG (CH)

## Huftierbestände und Verbissintensitäten nach der Luchswiederansiedlung im Kanton St. Gallen

Im Rahmen des Projekts «Luchsumsiedlung Nordostschweiz» (LUNO) wurde der Luchs (*Lynx lynx* L.) ab dem Jahr 2001 unter anderem im Kanton St. Gallen wiederangesiedelt. Durch eine Reduktion des Reh- (*Capreolus capreolus* L.) und Gamsbestandes (*Rupicapra rupicapra* L.) wurde ein Rückgang des Wildverbisses in der Waldverjüngung angestrebt. Die vorliegende Studie untersucht entstandene Wechselwirkungen zwischen diesen trophischen Ebenen mittels Daten zur Luchsverbreitung, zu den Reh- und Gamsbeständen (Abschuss- und Bestandesschätzungszahlen) sowie zur Entwicklung der Wildverbissintensität. Die Resultate zeigten signifikant reduzierte Abschuss- und Bestandesschätzungszahlen von Reh und Gams in den Jahren nach der Luchsansiedlung. Ein allfälliger Effekt des Luchses könnte kumulativ mit weiteren Faktoren wie anhaltender Bejagung, Witterung und Krankheiten (Gams) gewirkt haben. Innerhalb der Gamspopulation tangierte der Luchs wahrscheinlich vorwiegend den Waldgamsbestand, wobei vor und vermutlich auch während der Luchspräsenz andere kausale Ursachen für Bestandesrückgänge verantwortlich waren. Weiter lag ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen lokalen Abschusszahlen (als Indikator für Wildbestandesgrößen) und Verbissintensitäten vor, dies mit der Wildbestandesgrösse als einem von mehreren auf die Verbissintensität wirkenden Faktoren. Die Verbissintensität nahm bei der Weisstanne (*Abies alba* MILL.) nach der Luchsansiedlung im Luchskerngebiet signifikant ab. Alle Resultate zeigten signifikante Zusammenhänge und deuteten auf einen möglichen indirekten Einfluss des Luchses auf die Verbissintensität bei der Weisstanne hin. Wie beziehungsweise in welchem Ausmass die Faktoren kausal zusammenhängen, müsste allerdings im Rahmen weiterer Studien analysiert werden.

**Keywords:** Eurasian Lynx (*Lynx lynx* L.), European roe deer (*Capreolus capreolus* L.), Alpine Chamois (*Rupicapra rupicapra* L.), forest regeneration, browsing intensity, trophic cascade

**doi:** 10.3188/szf.2016.0013

\* Universitätstrasse 65, CH-8006 Zürich, E-Mail [jasmin.schnyder@fornat.ch](mailto:jasmin.schnyder@fornat.ch)

Ökosysteme bestehen aus einem komplexen Wirkungsgefüge von biotischen und abiotischen Faktoren, Biotopen und Biozöosen. Wechselwirkungen zwischen trophischen Ebenen, d.h. den einzelnen Gliedern der Nahrungskette, kennzeichnen natürliche Ökosysteme. Studien haben gezeigt, dass die Wiederansiedlung von Prädatoren, die wie der Luchs oder der Wolf an der Spitze dieser Nahrungskette stehen, weitreichende Veränderungen in Pflanzen-, Vertebraten- und Invertebratengesellschaften und eine Erhöhung der Biodiversität zur Folge haben kann (Ripple & Beschta 2012, Letnic et al 2012). Diese Top-Prädatoren können auch die Waldverjüngung positiv beeinflussen (Kuijper et al 2013). Mit der trophischen Kaskade Eurasischer Luchs (*Lynx lynx* L.), Reh (*Capreolus capreolus* L.) und Alpengams (*Rupicapra rupicapra* L.) als Hauptbeutetierarten sowie der Vegetation als deren

Nahrungsgrundlage befassten sich bis anhin nur wenige Studien (Rüegg et al 1999, Heurich et al 2004). Mehrere Autoren prüften Wechselwirkungen zwischen einzelnen Ebenen, wie den Einfluss des Luchses auf Beutetiere (u.a. Heurich et al 2004, Melis et al 2009) oder die Beziehung Schalenwild – Waldverjüngung (u.a. Eiberle & Nigg 1986, Moser et al 2006). Da die Resultate dieser Studien je nach Untersuchungsgebiet unterschiedlich ausfielen, ist es entscheidend, Wechselwirkungen lokal zu prüfen (Heurich et al 2012).

Im Rahmen des Projekts «Luchsumsiedlung Nordostschweiz» (LUNO) wurde von 2001 bis 2008 der Luchs in den Kantonen St. Gallen, Thurgau und Zürich wiederangesiedelt.<sup>1</sup> Ein lokales Ziel war die Reduktion der Reh- und Gamsbestände und damit

<sup>1</sup> [www.kora.ch/index.php?id=129](http://www.kora.ch/index.php?id=129) (3.9.2015)

eine Senkung der Wildverbissintensität in Gebieten mit erschwerter Waldverjüngung (Robin & Nigg 2005). Die vorliegende Studie befasst sich mit den entstandenen Wechselwirkungen zwischen den genannten trophischen Ebenen. Sie stellt eine Erfolgskontrolle hinsichtlich der gesetzten Ziele «Bestandes- und Verbissreduktion» dar und soll anhand folgender Fragen Erkenntnisse über die komplexen Beziehungen zwischen den trophischen Ebenen liefern:

1. Haben die Reh- und Gamsbestände (Abschuss- und Bestandesschätzungszahlen der Jägerschaft als Indikatoren) im Luchskerngebiet in den Jahren nach der Wiederansiedlung abgenommen?
2. Beeinflusst die Grösse der lokalen Reh- und Gamsbestände (Abschusszahlen als Indikator) die Intensität des Wildverbisses?
3. Hat die Verbissintensität auf den Indikatorflächen im Luchskerngebiet in den Jahren nach der Wiederansiedlung abgenommen?

Die Studie wurde in Zusammenarbeit mit dem Amt für Natur, Jagd und Fischerei (ANJF) des Kantons St. Gallen durchgeführt. Ergänzende Informationen sowie detaillierte Angaben über das Projekt, das Untersuchungsgebiet und die angewendeten Methoden finden sich in der Masterarbeit von Schnyder (2014).

## Material und Methoden

### Untersuchungsgebiet und Datengrundlagen

Die Untersuchung umfasste das Kantonsgebiet St. Gallen. Die Jagdstatistik des ANJF (Abschuss- und Bestandesschätzungszahlen) bildete die Grundlage für die Entwicklung der Reh- und Gamsbestände. Sie

lag auf Jagdrevierebene ab 1996 vor und erlaubte statistische Vergleiche von Jahren vor und nach der Luchsansiedlung. Die Daten wurden unter der Annahme verwendet, dass Jagdstrecken und jährlich durchgeführte Bestandesschätzungen der Jägerschaft die Bestandesgrössen verhältnismässig widerspiegeln (hohe Abschussquoten und «Zähl»-Resultate = grosse Bestände; Robin & Nigg 2005). Zwecks der Vergleichbarkeit der Statistiken verschiedener Jagdreviere wurde der Anteil jagdbarer Fläche (jF) pro Revier berechnet (Wald, Sumpf, Gebüsch, Fels, Geröll als Lebensräume von Reh und Gams) und die Zahlen pro 100 ha jF ermittelt.

Die verwendeten Daten zur Verbissintensität<sup>2</sup> stammten aus dem kantonalen Verbissmonitoring des Kantonsforstamts St. Gallen. Verbissintensitäten wurden nach der Methodik von Rüegg (1999) ab dem Jahr 2000 kantonsweit auf Indikatorflächen (je ca. 30 ha) erhoben. In der Waldregion 4 wurden bereits 1995 Indikatorflächen ausgeschieden und Verbissaufnahmen durchgeführt (1995–2000/2001 jährlich, danach im Zweijahresrhythmus). Diese Daten erlaubten einen statistischen Vergleich der Verbissintensitäten vor und nach der Luchsansiedlung und wurden in der vorliegenden Studie verwendet. Analysiert wurde die durchschnittliche Verbissintensität bei der Weisstanne (*Abies alba* MILL.) auf Ebene der Indikatorflächen.

Die genutzten Luchsverbreitungsdaten von KORA (Raubtierökologie & Wildtiermanagement) bestanden aus gesicherten Zufallsbeobachtungen (Kategorie 1 und 2: Totfunde, Risse, Spuren, genetische und fotografische Nachweise, Fang; Molinari-Jobin et al 2011). Diese Daten eigneten sich zur Eruierung des Luchskerngebiets, da sie seit der Wiederansiedlung kantonsweit und ganzjährig erfasst wurden.

Die Grundlagendaten vom kantonalen Amt für Raumentwicklung und Geoinformation beinhalten das digitale Höhenmodell DHM25 und den Vector25-Datensatz (©Swisstopo) sowie Jagdreviergrenzen.

### Ausscheidung des Luchskerngebiets, Zuteilung der Jagdreviere und Indikatorflächen

Um Daten aus Jahren vor und nach der Luchsansiedlung vergleichen zu können, wurde ein Luchskerngebiet (490.3 km<sup>2</sup>) ausgeschieden. Die Methode zur Ermittlung von Luchsbesiedlungsintensitäten nach Molinari-Jobin et al (2011) wurde in angepasster Form übernommen. Um die Falsch-Präsenz-Fehleranfälligkeit zu verkleinern und Randeffekte zu vermindern, wurde ein 8×8-km-Raster über die Kantonsfläche gelegt. Der gesamte Zeitraum seit der Wiederansiedlung wurde in vier Dreijahresperioden ein-

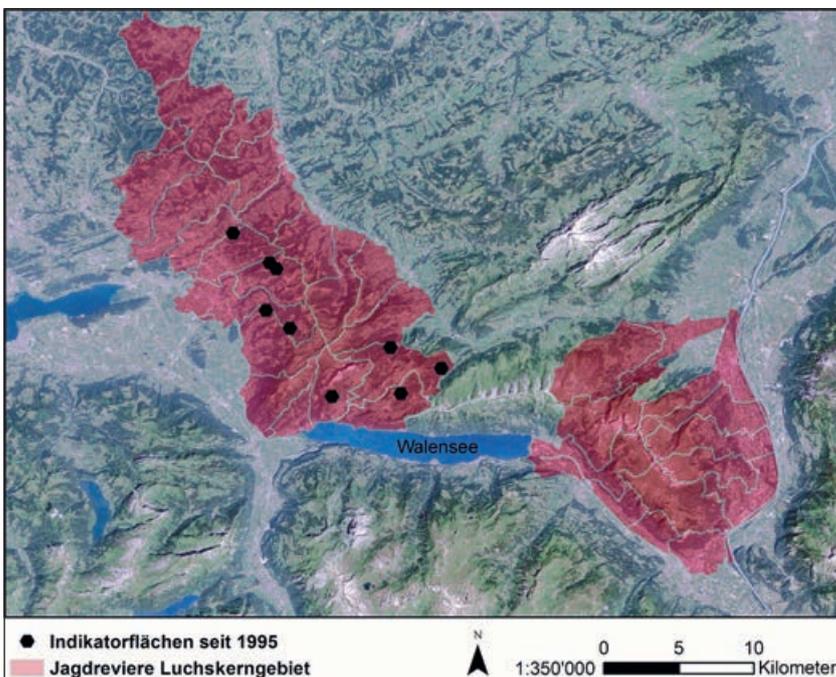
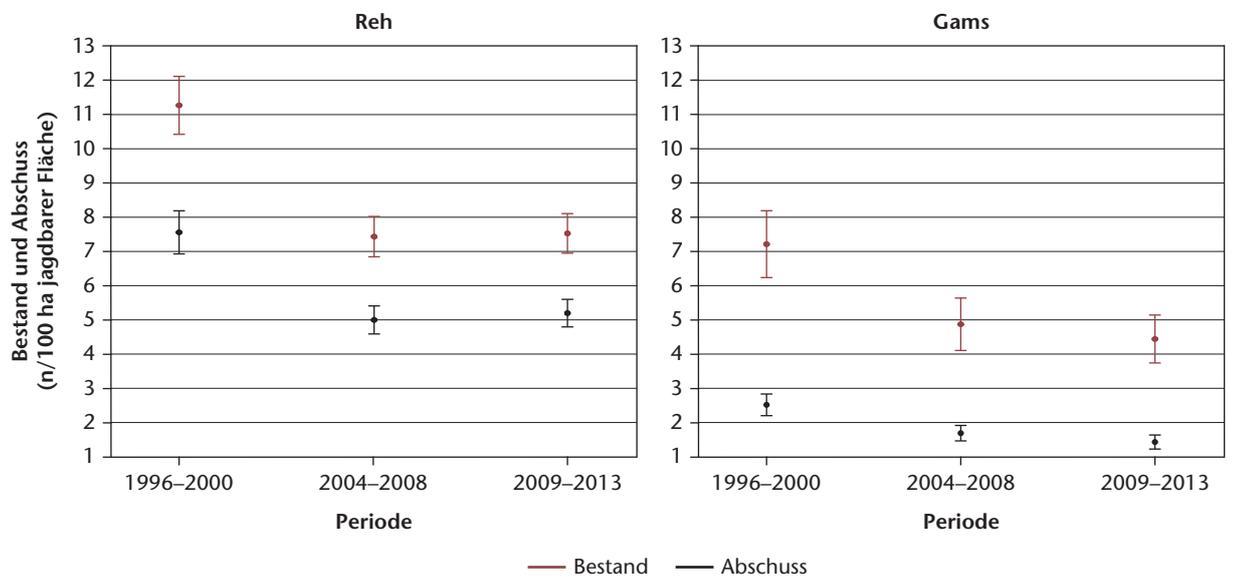


Abb 1 Jagdreviere und Indikatorflächen im Luchskerngebiet des Kantons St. Gallen.

<sup>2</sup> Verbissintensität = Anzahl durch Schalenwild innerhalb eines Jahres am Gipfeltrieb verbissene Jungbäume im Verhältnis zur Gesamtanzahl vorhandener Jungbäume (Eiberle & Nigg 1987).



**Abb 2** Entwicklung von Bestand und Abschuss beim Reh (links) und bei der Gams (rechts) pro 100 ha jagdbarer Fläche und Fünfjahresperiode in den Jagdrevieren des Luchskerngebiets gemäss jährlichen Bestandesschätzungen respektive Abschussstatistik. Periode 1996–2000 = vor; Perioden 2004–2008 und 2009–2013 = nach der Wiederansiedlung des Luchses. Dargestellt sind arithmetisches Mittel und 95%-Konfidenzintervall.

geteilt, Variante 1 umfasste die Jahre 2001–2012, Variante 2 jene von 2002–2013. Wurde der Luchs in einem Quadrat in mindestens einer dieser Varianten in allen vier Perioden nachgewiesen, galt dieses als permanent besiedelt und wurde dem Kerngebiet zugeteilt. Die Quadrate wurden mit einem vereinfachten Habitatmodell nach der Methode Robin & Köchli (2006) überlagert und die Jagdreviere und Indikatorflächen, welche zum überwiegenden Teil ihrer (jagdbaren) Fläche im Luchskerngebiet lagen, selektiert (Abbildung 1).

### Statistische Analysen

Mittels einfaktorieller Varianzanalysen wurde eruiert, ob zwischen den durchschnittlichen Abschuss- und Bestandesschätzungszahlen (pro Jagdrevier pro 100 ha jF) der Fünfjahresperioden 1996–2000, 2004–2008 sowie 2009–2013 ein Unterschied bestand (Frage 1). Mit dem Tukey-Test wurde geprüft, ob sich die Jagdstrecken der Perioden nach der Wiederansiedlung von jener davor unterschieden (paarweiser Vergleich der Periodenmittelwerte; Ripple et al 2014). Die ersten Ansiedlungsjahre (2001, 2002, 2003) wurden als Übergangszeit von den Analysen ausgeschlossen.

Die Frage 2 wurde mittels linearer Regressionsanalysen untersucht. Die durchschnittliche Verbissintensität pro Indikatorfläche und Jahr wurde in Abhängigkeit der Summe der Abschusszahlen von Reh und Gams pro 100 ha jF in den von den Indikatorflächen betroffenen Jagdrevieren geprüft (als Indikator für lokale Wildbestandesgrössen). Es wurde jeweils die Jagdstatistik des vorangegangenen Jahres berücksichtigt, da die im Frühjahr erhobenen Verbissintensitäten hauptsächlich vom damaligen Wildbestand geprägt waren. In Anlehnung an die Frage 3

flossen nur die seit 1995 bestehenden Indikatorflächen in die Analysen ein.

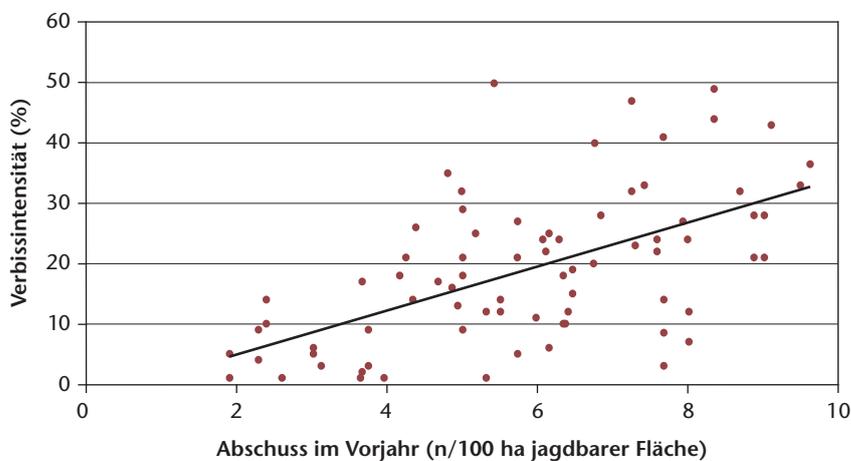
Zur Beantwortung der Frage 3 wurden die Daten der im Luchskerngebiet liegenden und seit 1995 bestehenden Indikatorflächen beigezogen. Anhand eines zweiseitigen t-Tests wurde geprüft, ob sich die durchschnittlichen Verbissintensitäten in der Periode vor gegenüber derjenigen nach der Luchsansiedlung unterschieden (Sechsjahresperiode vor Wiederansiedlung = Jahre 1995–2000/2001, Sechsjahres-Periode danach = alle zwei Jahre 2002–2012; Beyer et al 2007).

Zur korrekten Verwendung von parametrischen Tests wurden die Datensätze auf ihre Normalverteilung geprüft. Zu den in den Resultaten angegebenen arithmetischen Mittelwerten wird ( $\pm$ ) der Standardfehler angegeben. Verwendet wurden die Software ArcGIS 10.2 von ESRI sowie das Statistikprogramm R, Version 3.0.2.

## Resultate

### Bestandesgrössen von Reh und Gams

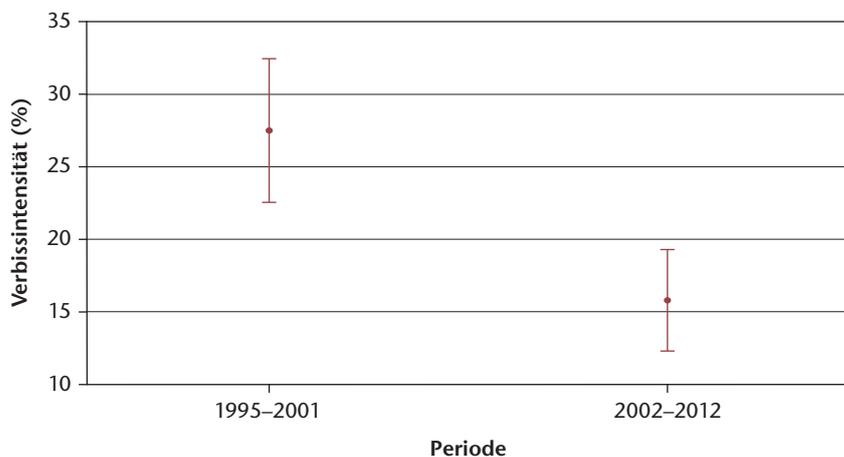
Die einfaktoriellen Varianzanalysen ergaben eine hochsignifikante Abnahme der Abschuss- und Bestandesschätzungszahlen. Beim Reh reduzierte sich der Abschuss um 2.5 ( $\pm$  0.3) respektive 2.3 ( $\pm$  0.3) Tiere pro 100 ha jF ( $n=480$ ,  $Df=2$ ,  $F=32.65$ ,  $p<0.0001$ ) und die Bestandesschätzung um 3.8 ( $\pm$  0.5) respektive 3.7 ( $\pm$  0.5) Tiere pro 100 ha jF ( $n=480$ ,  $Df=2$ ,  $F=40.05$ ,  $p<0.0001$ ). Bei der Gams verringerte sich der Abschuss um 0.8 ( $\pm$  0.2) respektive 1.0 ( $\pm$  0.2) Tiere pro 100 ha jF ( $n=450$ ,  $Df=2$ ,  $F=19.52$ ,  $p<0.0001$ ) und die Bestandesschätzung um 2.3 ( $\pm$  0.6) respektive 2.8 ( $\pm$  0.6) Tiere pro 100 ha jF ( $n=480$ ,  $Df=2$ ,



**Abb 3** Zusammenhang zwischen dem Reh- und Gamsabschuss (Summe pro 100 ha jF) im von der jeweiligen Indikatorfläche betroffenen Jagdrevier und der Höhe der jährlichen Verbissintensität bei der Weisstanne ab 1995 im Luchskerngebiet (Waldregion 4).

Unabhängige Variablen	Verbissintensität Weisstanne
Intercept	-2.4 ± 3.5
Summe Abschuss Reh und Gams im Vorjahr (n/100 ha jF)	<b>3.7 ± 0.6</b>
Multiple R <sup>2</sup>	0.3447
Adjusted R <sup>2</sup>	0.3360
n	78

**Tab 1** Parameterschätzung (± Standardfehler) der linearen Regression zur Erklärung der jährlichen Verbissintensität bei der Weisstanne im Luchskerngebiet (Waldregion 4) mithilfe des Reh- und Gamsabschusses im Vorjahr gemäss Abbildung 3. Fett gedruckte Faktoren waren signifikant (Signifikanzniveau 95%).



**Abb 4** Durchschnittliche Verbissintensität bei der Weisstanne auf den Indikatorflächen ab 1995 im Luchskerngebiet (Waldregion 4; Periode vor der Wiederansiedlung = 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000/2001, nach Wiederansiedlung = 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012). Dargestellt sind das arithmetische Mittel und das 95%-Konfidenzintervall.

F=12.82, p<0.0001) im Luchskerngebiet in beiden Fünfjahresperioden nach der Luchsansiedlung gegenüber jener davor (Abbildung 2).

#### Zusammenhang zwischen Abschusszahlen und Verbissintensität

Die linearen Regressionsanalysen zeigten einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen der Höhe des jährlichen Verbisses auf einer Indikatorfläche und den lokalen Abschusszahlen. Je höher die

Abschusszahlen in einem von einer Indikatorfläche betroffenen Jagdrevier waren, desto höher war die Verbissintensität bei der Weisstanne (t=6.3, p<0.0001; 34% der Varianz erklärt; Tabelle 1, Abbildung 3).

#### Verbissintensität nach Luchsansiedlung

Die Verbissintensität bei der Weisstanne betrug in den Jahren nach der Luchsansiedlung im Durchschnitt 16%, vor der Luchsansiedlung 28%. Sie war damit nach der Luchsansiedlung hochsignifikant geringer (-12.2% ± 3.5%; n=93, df=91, t=3.9, p=0.0002; Abbildung 4).

## Diskussion

#### Bestandesgrössen von Reh und Gams

Die Abschuss- und Bestandsschätzungszahlen von Reh und Gams sanken nach der Luchsansiedlung im Luchskerngebiet (Abbildung 5) hochsignifikant. Die gleichzeitige Abnahme dieser Huftierbestände in den ersten Jahren nach der Luchsansiedlung deutet auf einen zumindest partiellen Einfluss des Luchses hin. Dieses Resultat entspricht Beobachtungen in vergleichbaren Studiengengebieten (Haller 1992, Heurich et al 2004). Der Einfluss des Luchses auf den Bestand seiner Beutetiere variiert jedoch gebietsweise stark (Melis et al 2009). Entscheidend für das Ausmass von Prädationseffekten sind der Einfluss und die Interaktion weiterer Faktoren wie Bejagung, Klima, Krankheiten, intra- und interspezifische Konkurrenz, Landnutzung durch den Menschen (Breitenmoser & Breitenmoser-Würsten 2008) sowie Nahrungsgrundlagen und Flächenproduktivität (Melis et al 2009). Aufgrund einer konstanten minimalen jährlichen Rissrate und der Spezialisierung auf die Beutetiere Reh und Gams kann der Luchs insbesondere auf kleine Bestände reduzierend wirken (Nilsen et al 2009). Die Jagdstatistik des Kantons St. Gallen sowie vorangegangene Studien zeigten, dass der «Jahrhundertwinter» 1998/1999 sowie möglicherweise der nachfolgende niederschlagsreiche Frühling einen starken Bestandesrückgang bei Reh und Gams verursacht hatten (Robin & Köchli 2006). Die Ausgangsbestände waren somit im Jahr 2000 – unmittelbar vor der Luchsansiedlung – dezimiert, was den Einfluss des Luchses folglich verstärkt haben könnte.

Entscheidend bezüglich der Frage, ob der Luchs reduzierend auf die Beutetierbestände wirkte, könnte die dokumentierte signifikant höhere Prädationsrate von weiblichen und adulten Beutetieren in den ersten Jahren (verglichen mit anderen Populationen; Ryser et al 2004) und damit der Eingriff in die am stärksten reproduzierende Klasse sein. Nebst der Frage nach der qualitativen Beutetierentnahme ist auch jene nach der quantitativen wichtig. Darüber, ob die Beutetiernutzung des Luchses den Rückgang in den Abschusszahlen kompensiert, kann jedoch nur spe-



Abb 5 Die Lebensräume des Luchskerngebiets im Kanton St. Gallen. Foto: Rolf Ehrbar

kuliert werden, da die Mortalitäts- und Rissraten über die gesamte Projektdauer unbekannt waren. Diese schwankten mit den Luchs- und Beutetierdichten, mit dem variierenden Geschlechterverhältnis im Luchsbestand sowie mit dem Sozialstatus der anwesenden Individuen. Wird anhand der Entwicklung der Anzahl Luchse im Referenzgebiet des Kompartiments (ca. 4–10 adulte Individuen von 2001–2012; Ryser et al 2012) hochgerechnet, welche minimale Anzahl an Beutetieren ungefähr entnommen werden konnte, erscheint eine Kompensation zumindest des rund 30-prozentigen Rückgangs des Reh- und Gamsabschlusses realistisch (Schnyder 2014).

60% der telemetrisch erfassten Luchsaufenthaltsorte aus den ersten Wiederansiedlungsjahren lagen in höher gelegenen, steilen Wäldern mit hohem Felsanteil (Winter 2004), was den typischen Lebensraum der Waldgams darstellt (Baumann & Struch 2000). Da der Luchs zudem im Wald und in unmittelbarer Waldrandnähe jagt und Offenflächen meidet (Ryser et al 2004), kann vermutet werden, dass er vorwiegend in den Waldgams- und weniger in den Alpingamsbestand über der Waldgrenze eingriff. Auch Baumann & Struch (2000) hielten in ihrem Untersuchungsgebiet einen expliziten Eingriff des Luchses in den Waldgamsbestand fest.

Zentral ist die Frage nach einem allenfalls veränderten räumlichen Verhalten der Beutetiere. Da sich die Gams vorwiegend im Rudel aufhält und wenig territorial ist, wäre eine räumliche Verschiebung von Waldgämsen in höhere offene und felsige Lagen denkbar. Baumann & Struch (2000) beobachteten allerdings keine durch den Luchs verursachte räumliche Verschiebung telemetriertes Waldgämsen. Ratikainen et al (2007) und Samelius et al (2013) stellten bei telemetrisch überwachten Rehen ebenfalls keine räumlichen Verhaltensänderungen bei Luchspräsenz fest. Die Raumnutzung wurde primär von der Witterung und der Nahrungsqualität gesteuert, qualitativ gute Lebensräume wurden trotz Luchspräsenz nicht

verlassen. Das Feindvermeidungsverhalten könnte aber anhand einer erhöhten Aufmerksamkeit angepasst worden sein (Haller 1992). Da zudem bereits bei einem geringen Bestandesrückgang die Beobachtungs- und Bejagbarkeit von Rehen überproportional abnimmt (Ellenberg 1975), wäre es möglich, dass die Abnahmen der Abschuss- und Bestandesschätzungszahlen des Rehs teilweise durch eine im Verhältnis zum effektiven Bestandesrückgang überproportional schlechtere Sichtbarkeit und eine erhöhte Aufmerksamkeit zustande gekommen sind.

Gamsbestände waren auch in luchsfreien Gebieten des Kantons und in der Churfürsten-Kette kontinuierlich seit den Jahren vor der Luchsansiedlung abnehmend. Rückläufige Gamspopulationen sind zudem im gesamten Alpenraum – also auch in Gebieten ohne Luchspräsenz – zu beobachten. Dies spricht für weitere, vom Luchs unabhängige Gründe für die Bestandesabnahme. Im Untersuchungsgebiet führten beispielsweise Krankheiten lokal zu Bestandesrückgängen (Ackermann 2007).

Obwohl der Rothirsch möglicherweise einen verdrängenden Einfluss auf das Reh haben kann (Latham et al 1999), kann die quantitativ geringe Zunahme des Rothirschbestandes im Studiengebiet über die letzten zehn Jahre kaum ausschlaggebend für die markanten Bestandesrückgänge von Reh und Gams nach der Luchsansiedlung sein.

Zur Interpretation der Jagdstatistikdaten sollte erwähnt sein, dass diese grundsätzlich mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind. Abschusszahlen können mitunter von schwankenden Bejagungsintensitäten (Zeitaufwand, Anzahl Jäger) oder Zielsetzungen abhängig sein. Dadurch, dass jedoch in die vorliegenden Analysen Daten von 35 Jagdrevieren einfließen, dürften sich allfällige Abweichungen einzelner Reviere kompensiert haben. Eine Befragung der Wildhüter ergab, dass sich der Jagddruck nach der Luchsansiedlung nicht stark veränderte. Wenige Reviere senkten nach der Luchsansiedlung die Bejagungsintensität absichtlich, andere hoben sie an, was grossflächig zu einem Ausgleich geführt haben dürfte. Der in Abbildung 3 dargestellte Zusammenhang (Frage 2) zeigt zudem, dass Jagdstrecken im vorliegenden Falle als Indikator für lokale Wildbestandesgrößen beigezogen werden können.

#### Zusammenhang zwischen Abschusszahlen und Verbissintensität

Je mehr Rehe und Gämsen in einem Jagdrevier erlegt wurden (je grösser der Bestand), desto höher war die Verbissintensität bei der Weisstanne auf der dazugehörigen Indikatorfläche. Grosse Wildtierbestände können für einen hohen Verbissdruck verantwortlich sein (Gill 1992). Auf Flächen mit den höchsten Abschusszahlen (8–10 Rehe und Gämsen/100 ha jF) waren nur Verbissintensitäten über 20% vorhanden (Abbildung 3). Indikatorflächen mit tiefen Ab-

schusszahlen (max. 4 Rehe und Gämsen/100 ha jF) wiesen ausnahmslos Verbissintensitäten unter 20% auf. Im Bereich dazwischen gab es jedoch erhebliche Variationen, und durch die Analysen wurden 34% der Varianz der Verbissintensitäten erklärt. Daher beeinflussen nebst den Wildbestandsgrössen weitere Faktoren das Ausmass der Nutzung des Nahrungsangebots einer Fläche (Reimoser & Gossow 1996, Weisberg & Bugmann 2003). Wildtiere halten sich dort auf, wo es ihnen im Gebiet verhältnismässig am besten entspricht. Diese Relationen in den Gebieten der Indikatorflächen sind – unabhängig von den Wildbestandesgrössen – entscheidend. Sie können sich durch quantitative und qualitative Variationen der Lebensräume (z.B. Sturmschlag, Auflichtung, Lebensraumberuhigung, Verminderung der Beweidungsintensität durch Nutztiere) oder mit den Jahreszeiten auch verändern (Moser et al 2006, Vospornik & Reimoser 2008, Brüllhardt et al 2015). Von Bedeutung ist auch der nahrungsunabhängige Besiedlungsanreiz der Indikatorflächen: Das Nahrungsangebot von Flächen, welche im Vergleich zum umliegenden Gebiet einen hohen nahrungsunabhängigen Besiedlungsanreiz (z.B. Deckung) bieten, wird verhältnismässig mehr beansprucht (Reimoser 1986).

#### **Verbissintensität nach Luchsansiedlung**

Die durchschnittliche Verbissintensität hat bei der Weisstanne nach der Luchsansiedlung im Luchskerngebiet in der Waldregion 4 des Kantons St. Gallen hochsignifikant abgenommen und sich danach stabilisiert. Da auch die Abschuss- und Bestandesschätzungszahlen von Reh und Gams in den Jahren nach der Luchsansiedlung abgenommen haben und sich auf tiefem Niveau hielten sowie ein positiver Zusammenhang zwischen den Verbissintensitäten und den Abschusszahlen vorlag, könnte die reduzierte Verbissintensität indirekt auf den Luchs zurückgeführt werden. Der absichtlich erhöhte Jagddruck in den Jagdrevieren der Waldregion 4 Mitte der 1990er-Jahre sowie die witterungsbedingt reduzierenden Jahre 1998/1999 könnten gute Ausgangsbedingungen geschaffen haben, damit der Luchs auf den Wildbestand und damit auf den Weisstannenverbiss wirken konnte. Studien zeigten, dass Witterungsereignisse wie besonders schneereiche Winter den Effekt von Prädatoren auf Rehbestände verstärken können (oder umgekehrt; Melis et al 2009). Im vorliegenden Studiengebiet kann daher vermutet werden, dass die Reh- und vielleicht auch die Gamsbestände aufgrund des konstanten Luchseinflusses sowie des anhaltenden Jagddrucks unmittelbar in den Folgejahren witterungsbedingter Bestandesrückgänge nicht wieder auf das Niveau von 1996–1998 anwachsen konnten. Solch prädatorenbedingte Zeitverzögerungen in der Bestandeszunahme von Ungulaten etwa nach einem witterungsbedingten Populationseinbruch könnten verbissbeliebten Baumarten wie der Weisstanne ein

ausreichend langes Zeitfenster für eine erfolgreiche Verjüngungswelle verschaffen. In Naturwäldern mit einer Generationsabfolge von mehreren hundert Jahren dürften solche Phasen mit geringem Verbissdruck im Abstand von mehreren Jahrzehnten für eine nachhaltige Waldverjüngung ausreichen.

Inwiefern Lebensraumveränderungen oder Witterungsbedingungen die Abnahme des Weisstannenverbisses nach der Luchsansiedlung beeinflussten, wurde im Rahmen dieser Studie nicht eruiert. Die Gegebenheiten auf den Indikatorflächen variierten natürlich bedingt. Ab dem Jahr 2000 wurden im Rahmen des Effor2-Projekts lebensraumverbessernde Massnahmen umgesetzt (Sommerhalder & Ettlinger 2001). Auch diese Massnahmen könnten auf gewissen Flächen zu verändertem Verbissdruck geführt haben. Aktuelle Untersuchungen im Perimeter des Schafbergprojekts in Amden (Waldregion 4) ergaben jedoch sowohl auf waldbaulich beeinflussten wie auch unbeeinflussten Flächen eine Zunahme der Weisstannenstammzahl in der Verjüngung zwischen 2002 und 2014. Dies spricht für das Vorhandensein eines grossflächig wirkenden Faktors, was die Annahme eines Luchseinflusses bekräftigt (Ehrbar 2015).

#### **Fazit**

Die Abschuss- und Bestandesschätzungszahlen von Reh und Gams haben im Luchskerngebiet des Kantons St. Gallen nach der Luchsansiedlung hochsignifikant abgenommen. Dieser Zusammenhang kann auf einen Einfluss des Luchses hindeuten. Aufgrund des anhaltenden Jagddrucks sowie witterungsbedingt reduzierender Jahre wird eine kumulative Wirkung dieser Faktoren angenommen. Der Gamsbestand war bereits vor der Luchsansiedlung und auch in luchsfreien Gebieten im Alpenraum rückläufig, deshalb ist das Ausmass des Luchseinflusses unsicher. Offensichtlich wirkten vom Luchs unabhängige Faktoren (z.B. Krankheiten, Jagd, Witterung) derart stark auf den Gamsbestand ein, dass sich daraus ein reduzierender Effekt ergab. Da der Gamsbestand jedoch – analog der Entwicklung des Rehbestandes – nach der Luchsansiedlung hochsignifikant zurückging, kann ein verstärkender Effekt des Luchses auf diese Arten nicht ausgeschlossen werden. Hinsichtlich der Gams wird vermutet, dass der Luchs vorwiegend die Waldgamsbestände beeinflusste. Des Weiteren wurde belegt, dass die Grösse des Wildbestandes (gemessen an den Abschusszahlen) direkt mit der Intensität des Wildverbisses – ebenfalls als einer von mehreren auf die Verbissintensität wirkenden Grössen – zusammenhing. Ebenso zeigten die Resultate hochsignifikant reduzierte Verbissintensitäten bei der Weisstanne im Luchskerngebiet in den Jahren nach der Luchsan-

siedlung. Dieser Zusammenhang kann – auch in Anlehnung an die bereits erwähnten Resultate – ebenfalls auf einen Einfluss des Luchses hindeuten. Da Wechselwirkungen zwischen trophischen Ebenen von mehreren umweltbedingten und anthropogenen Faktoren beeinflusst werden, war der effektive Luchseinfluss auf die Reh- und Gamsbestände sowie auf die Waldverjüngung schwierig zu erkennen. Die Studie belegte hochsignifikante Zusammenhänge auf allen untersuchten Ebenen, welche in ihrer Gesamtheit auf einen Einfluss des Luchses – kumulativ wirkend mit weiteren Faktoren – und damit auf nicht zufällige Korrelationen hindeuten. Absenz und Präsenz des Luchses im Untersuchungsgebiet waren in den Jahren vor und nach der Wiederansiedlung gesichert. Kausalitäten wurden allerdings keine belegt, hierfür wären Folgestudien notwendig, wobei der Einbezug von Daten zum Beispiel zur Populationsentwicklung des Rothirschs und zu Lebensraumfaktoren sowie ein Vergleich mit homogenen, luchsfreien Referenzgebieten zu empfehlen sind.

Die Studie zeigt, wie komplex und dynamisch die Wechselwirkungen zwischen trophischen Ebenen sind. Aufgrund zeitlich-räumlich dynamischer Prozesse im Ökosystem sind die Resultate als Momentaufnahme zu betrachten. Im Hinblick auf die Erfolgskontrolle im LUNO-Projekt ergab sich in dieser Fallstudie eine Zielerreichung: Nach der Luchsansiedlung konnten sowohl reduzierte Reh- und Gamsbestände als auch geringere Verbissintensitäten festgestellt werden. ■

Eingereicht: 4. März 2015, akzeptiert (mit Review): 29. Juni 2015

## Dank

Wir bedanken uns beim Amt für Natur, Jagd und Fischerei des Kantons St. Gallen, v.a. beim Amtsleiter Dr. Dominik Thiel und allen beteiligten (amtierenden und ehemaligen) Wildhütern und Regionalförstern, für die kooperative Zusammenarbeit. Dieser Dank gilt ebenso dem Kantonsforstamt St. Gallen und Dr. Fridolin Zimmermann von KORA für die Datenübergabe.

## Literatur

- ACKERMANN G (2007) Entwicklung der Gämsbestände in der Churfürsten-Alvierkette sowie Gämsnachwuchs in Gebieten mit und ohne Luchspräsenz (Kt. SG; Berichtsperiode 2004–2006). Bern: Bundesamt Umwelt, Sektion Jagd Wild Waldbiodiversität. 16 p.
- BAUMANN M, STRUCH M (2000) Waldgemsen: Neue Erscheinung der Kulturlandschaft oder alte Variante der Naturlandschaft? Schlussbericht. Bern: Bundesamt Umwelt Wald Landschaft. 300 p.
- BEYER HL, MERILL EH, VARLEY N, BOYCE MS (2007) Willow on Yellowstone's Northern Range: Evidence for a trophic cascade? *Ecol Appl* 17: 1563–1571.
- BREITENMOSER U, BREITENMOSER-WUERSTEN C (2008) Der Luchs. Ein Grossraubtier in der Kulturlandschaft. Wohlen: Salm. 537 p.
- BRÜLLHARDT M, RISCH AC, HALLER R, FILLI F, SCHÜTZ M (2015) Spatio-temporal dynamics of natural tree regeneration in unmanaged subalpine conifer forests with high wild ungulate densities. *Can J For Res* 45: 607–614.
- EHRBAR R (2015) Analyse der Verjüngung der Weisstanne im Schafbergperimeter Amden. Rieden: Waldregion 4. 3 p.
- EIBERLE K, NIGG H (1986) Untersuchung über den Verbiss durch die Gemse (*Rupicapra rupicapra* L.) an Fichte (*Picea abies*). *Ber Bot-Zool Ges Liecht-Sargans-Werdenberg* 15: 15–36.
- EIBERLE K, NIGG H (1987) Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweiz Z Forstwes 138: 747–785.
- ELLENBERG H (1975) Beiträge zur Ökologie des Rehes. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben «Durchführung ökologischer Grundlagenforschung» in Stammham. Ingolstadt: Eigenverlag. 345 p.
- GILL R (1992) A review of damage by mammals in north temperate forests: 3. Impact on trees and forests. *Forestry* 65: 363–388.
- HALLER H (1992) Zur Ökologie des Luchses *Lynx lynx* im Verlauf seiner Wiederansiedlung in den Walliser Alpen. *Beih Z Säugetierkd* 15. 60 p.
- HEURICH M, KIECHLE H, HOLLAND-MORITZ H (2004) Der Einfluss des Luchses auf Rehpopulation und Waldverjüngung – Beispiel Ostbayern. *Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge* 21: 1139–1141.
- HEURICH M, MÖST L, SCHAUBERGER G, REULEN H, SUSTR P ET AL (2012) Survival and causes of death of European roe deer before and after Eurasian Lynx reintroduction in the Bavarian Forest National Park. *Eur J Wildl Res* 58: 567–578.
- KUJIPER DPJ, DE KLEINE C, CHURSKI P, VAN HOOFT P ET AL (2013) Landscape of fear in Europe: wolves affect spatial patterns of ungulate browsing in Białowieża Primeval Forest, Poland. *Ecography* 36: 1–13.
- LATHAM J, STAINES BW, GORMAN ML (1999) Comparative feeding ecology of red (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) in scottish plantation forests. *Jpn J Zool* 247: 409–418.
- LETNIC M, RITCHIE EG, DICKMAN C R (2012) Top predators as biodiversity regulators: the dingo *Canis lupus dingo* as a case study. *Biol Rev* 87: 390–413.
- MELIS C, JEDRZEJEWSKA B, APOLLONIO M, BARTON KA, JEDRZEJEWSKI W ET AL (2009) Predation has a greater impact in less productive environments: variation in roe deer, *Capreolus capreolus*, population density across Europe. *Glob Ecol Biogeogr* 18: 724–734.
- MOLINARI-JOBIN A, MOLINARI P, BREITENMOSER-WÜRSTEN C, BREITENMOSER U (2002) Significance of lynx *Lynx lynx* predation for roe deer *Capreolus capreolus* and chamois *Rupicapra rupicapra* mortality in the Swiss Jura Mountains. *Wildl Biol* 8: 109–115.
- MOLINARI-JOBIN A, KÉRY M, MARBOUTIN E, MOLINARI P, KOREN I ET AL (2011) Monitoring in the presence of species misidentification: the case of the Eurasian lynx in the Alps. *Anim Conserv* 15: 266–273.
- MOSER B, SCHÜTZ M, HINDENLANG K E (2006) Importance of alternative food resources for browsing by roe deer on deciduous trees: The role of food availability and species quality. *For Ecol Manage* 226: 248–255.
- NILSEN EB, ODDEN J, LINNELL JDC, ANDERSEN R (2009) Climate, season, and social status modulate the functional response of an efficient stalking predator: The Eurasian lynx. *J Anim Ecol* 78: 741–751.
- ODERMATT O (2009) Wildtiereinfluss auf die Waldverjüngung messen: mit Stammzahlen oder mit dem Verbissprozent? Schweiz Z Forstwes 160: 303–310. doi: 10.3188/szf.2009.0303
- RATIKAINEN M, PANZACCHI M, MYSTERUD A, ODDEN J, LINNELL J ET AL (2007) Use of winter habitat by roe deer at a northern

- latitude where Eurasian lynx are present. *Jpn J Zool* 273: 192–199.
- REIMOSER F (1986)** Wechselwirkungen zwischen Waldstruktur, Rehwildverteilung und Rehwildbejagbarkeit in Abhängigkeit von der waldbaulichen Betriebsform. Wien: Univ Bodenkultur, Dissertation. 319 p.
- REIMOSER F, GOSSOW H (1996)** Impact of ungulates on forest vegetation and its dependence on the silvicultural system. *For Ecol Manage* 88: 107–119.
- RIPPLE WJ, BESCHTA RL (2012)** Trophic cascades in Yellowstone: The first 15 years after wolf reintroduction. *Biol Conserv* 145: 205–213.
- RIPPLE WJ, BESCHTA RL, FORTIN JK, ROBBINS CT (2014)** Trophic cascades from wolves to grizzly bears in Yellowstone. *J Anim Ecol* 83: 223–233.
- ROBIN K, NIGG H (2005)** Luchsumsiedlung Nordostschweiz LUNO. Bericht über die Periode 2001 bis 2003. Bern: Bundesamt Umwelt Wald Landschaft, Schriftenreihe Umwelt 377. 53 p.
- ROBIN K, KÖCHLI D (2006)** Entwicklung der Wildwiederkäuer im Luchsverbreitungsgebiet Nordostschweiz. *Wädenswil: Zürcher Hochschule angewandte Wissenschaften*. 51 p.
- RÜEGG D (1999)** Erhebungen über die Verjüngung in Gebirgs-wäldern und den Einfluss von frei lebenden Paarhufern als Grundlage für die forstliche und jagdliche Planung. Zürich: ETH Zürich, Dissertation. 206 p.
- RÜEGG D, BAUMANN M, STRUCH M, CAPT S (1999)** Wald, Wild und Luchs – gemeinsam in die Zukunft! Ein Beispiel aus dem Berner Oberland. *Schweiz Z Forstwes* 150: 342–346. doi: 10.3188/szf.1999.0342
- RYSER A, VON WATTENWYL K, RYSER-DEGIORGIS MP, WILLISCH CH, ZIMMERMANN F ET AL (2004)** Luchsumsiedlung Nordostschweiz 2001–2003. Schlussbericht. Modul Luchs des Projekts LUNO. Muri: KORA, Ber 22. 55 p.
- RYSER A, GRETER H, ZIMMERMANN F, BRITT R, BREITENMOSER C ET AL (2012)** Abundanz und Dichte des Luchses in der Nordostschweiz: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im K-II im Winter 2011/12. Muri: KORA, Ber 56. 17 p.
- SAMELIUS G, ANDRÉN H, KJELLANDER P, LIBERG O (2013)** Habitat selection and risk of predation: Re-colonization by lynx had limited impact on habitat selection by roe deer. *Plos one* 8(9): e75469. doi:10.1371/journal.pone.0075469
- SCHNYDER J (2014)** Auswirkungen der Wiederansiedlung des Luchses (*Lynx lynx*) in der Nordostschweiz auf die Reh- (*Capreolus capreolus*) und Gamsbestände (*Rupicapra rupicapra*) sowie auf den Wildverbiss im Kanton St. Gallen. Wien: Univ Bodenkultur, Institut Wildbiologie Jagdwirtschaft, Masterarbeit. 54 p.
- SOMMERHALDER R, ETTLINGER P (2001)** Das effor2-Pilotprogramm Wald und Wild der Kantone Appenzell Ausserrhoden, Appenzell Innerrhoden und St. Gallen. *Schweiz Z Forstwes* 152: 282–288. doi: 10.3188/szf.2001.0282
- VOSPERNIK S, REIMOSER S (2008)** Modelling changes in roe deer habitat in response to forest management. *For Ecol Manage* 255: 530–545.
- WEISBERG P, BUGMANN H (2003)** Forest dynamics and ungulate herbivory: from leaf to landscape. *For Ecol Manage* 181: 1–12.
- WINTER C (2003)** Modul Ungulaten 2003. Genève: Ecotec SA. 42 p.

## Les populations d'ongulés et les intensités d'abrouissement après la réintroduction du lynx dans le canton du Saint-Gall

Dans le cadre du projet «Déplacement de lynx au nord-est de la Suisse» (LUNO), le lynx (*Lynx lynx* L.) a été réintroduit dans le canton du Saint-Gall à partir de 2001. On espérait par cette mesure une réduction des populations de chevreuil (*Capreolus capreolus* L.) et de chamois (*Rupicapra rupicapra* L.) ainsi qu'une diminution de l'abrouissement. La présente étude examine les interactions entre ces niveaux trophiques au moyen de données sur la propagation du lynx, sur les populations de chevreuil et chamois (statistique de la chasse et des estimations des populations) ainsi que sur le développement du rajeunissement forestier. Les résultats ont montré des populations de chevreuil et de chamois significativement réduites quelques années après la réintroduction du lynx. L'effet présumé du lynx pourrait avoir été cumulé avec d'autres facteurs comme la chasse, les conditions météorologiques et les maladies (notamment pour le chamois). Au sein de la population de chamois, le lynx a probablement surtout influencé le chamois forestier, bien que la baisse de cette population, constatée avant et après la présence du lynx, connaît également d'autres causes. De plus, une relation significativement positive existait entre la statistique de la chasse (indicateur pour niveau de populations d'ongulés locales) et le niveau d'abrouissement, l'importance des populations d'ongulés étant l'un des facteurs agissant sur le niveau d'abrouissement. Le niveau d'abrouissement du sapin blanc (*Abies alba* MILL.) au centre du territoire du lynx diminuait significativement après la réintroduction du lynx. Tous les résultats montraient des relations significatives et indiquaient une influence indirecte du lynx sur le niveau d'abrouissement du sapin blanc. Cependant, comment et dans quelle proportion ces facteurs sont interreliés devra être analysé dans d'autres études.

## Ungulate populations and browsing intensities following the reintroduction of lynx in the canton of St. Gallen

In the context of the project "Lynx resettlement north-east Switzerland" (LUNO), the Eurasian lynx (*Lynx lynx* L.) was reintroduced in the canton of St. Gallen from 2001. As a consequence of reduced roe deer (*Capreolus capreolus* L.) and Alpine chamois (*Rupicapra rupicapra* L.) population sizes, one goal was the reduction of browsing intensities in young forest stands. This study investigates interactions between the levels of this trophic cascade by means of data on lynx distribution, roe deer and chamois populations (hunting statistics and population estimations) as well as browsing intensities. The results have shown significantly reduced roe deer and chamois population sizes in the years after lynx reintroduction. The effect of lynx could have worked cumulatively with factors like hunting, weather conditions and diseases (chamois). Within the chamois population, the lynx probably affected primarily the forest chamois, although before and after the lynx presence other causal reasons have been responsible for population decreases. Furthermore, there was noted a significantly positive relationship between hunting statistics (as an indicator of local ungulate population sizes) and browsing intensities, although the size of local ungulate populations was one influencing factor among many more. The browsing intensity of silver fir (*Abies alba* Mill.) was significantly reduced after lynx reintroduction in the core area of lynx distribution. All results have shown significant correlations and suggest an indirect influence of lynx on browsing intensities of silver fir. However, causal connections should be analysed in further studies.