

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern
Band: 71 (2014)

Artikel: Der Rothirsch kehrt ins Mittelland zurück : Charakterisierung von Tageslagern im Sommereinstandsgebiet
Autor: Hummel, Sarah / Boldt, Andreas / Bieri Willis, Katrin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-389814>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

SARAH HUMMEL¹, ANDREAS BOLDT², KATRIN BIERI WILLISCH² UND CHRISTIAN WILLISCH²

Der Rothirsch kehrt ins Mittelland zurück – Charakterisierung von Tageslagern im Sommer-einstandsgebiet

Zusammenfassung

Nach der erfolgreichen Wiederbesiedlung des Schweizer Voralpen- und Alpenraums breitet sich der Rothirsch (Cervus elaphus) langsam wieder im Mittelland aus. Dessen Lebensbedingungen unterscheiden sich jedoch grundlegend vom Berggebiet. Die Fragmentierung der Lebensräume und die anthropogene Störungsbelastung sind um ein Vielfaches höher, was Änderungen im Verhalten der dort ansässigen Rothirsche bedingen könnte. Weil fundierte Grundlagen zur Beurteilung solcher Verhaltensänderungen bisher jedoch fehlten, wurde in der vorliegenden Studie erstmals die Tageseinstandswahl (Rückzugsflächen) von Rothirschen im Mittelland näher untersucht. Dazu standen GPS-Daten von drei besenderten Rothirschen (♂=2, ♀=1) aus dem Berner und Solothurner Mittelland zur Verfügung. Insgesamt konnten für den Zeitraum Juni bis Juli im Wald (n=28) und Kulturland (n=12) 40 Liegeplätze aufgenommen und mit dem umliegenden Lebensraumangebot verglichen werden.

Die Liegeplätze der Hirschkuh in den Monaten Juni–Juli lagen gut zur Hälfte ausserhalb des Waldes in Raps- und Maisfeldern, während die beiden Stiere ausschliesslich Liegeplätze im Wald wählten. Bei den Liegeplätzen im Wald wurde eine Bevorzugung von Dickungsflächen festgestellt; von 28 untersuchten Einständen befanden sich 27 innerhalb einer Dickung (junger Baumbestand mit einer Bestandeshöhe >1.3 m und einem Brusthöhendurchmesser der Stämme <12 cm). Weder Mikroklima, Äsungsangebot noch Distanzen zu Strassen oder Waldrand hatten einen relevanten Einfluss auf die Wahl der Liegeplätze. Der einzige Faktor, welcher die Wahl der Tiere nachweislich beeinflusste, war der Sichtschutz. So war die Sichtdistanz in den Tageseinständen enorm niedrig und im Durchschnitt auf 6 m beschränkt. Das Bedürfnis nach Sichtschutz scheint daher im Mittelland im Vordergrund zu stehen. Durch die Wahl von Liegeplätzen in Dickungen wird dies auf idealste Weise gewährleistet, weshalb diese Waldentwicklungsstufe auch beim Management der Tiere berücksichtigt werden sollte.

¹ Universität für Bodenkultur, Wien. ² FaunAlpin GmbH, Bern

1. Einleitung

Mitte des 19. Jh. war der Rothirsch (*Cervus elaphus*) in der gesamten Schweiz vollständig ausgerottet. Hauptursachen waren der zunehmende Jagddruck auf Grund verbesserter Schusswaffen, Hungersnöte in Folge der Französischen Revolution, der schlechte Ruf der Rothirsche als Schädlinge der Land- und Forstwirtschaft sowie die massive Übernutzung der Wälder. Erst dank eines konsequenten Schutzes durch die Bundesverfassung von 1874 setzte die Wiederbesiedlung der Schweiz ein. Ab 1961 stiessen erste Tiere über den Brünig in den Kanton Bern vor und breiteten sich aus (RIGHETTI & HUBER, 1983). Im Kanton Bern ist der Bestand seither einem stetigen Wachstum unterworfen, wobei heute wieder von rund 1'100 Tiere ausgegangen wird (BAFU, 2013). Der Hauptbestand beschränkt sich jedoch noch immer auf die Voralpen- und Alpenregionen des Kantons (RUHLÉ & JUESY, 2006), die Populationsgrösse im Berner und Solothurner Mittelland blieb hingegen sehr gering und wird im Grossraum zwischen Burgdorf, Solothurn, Langenthal und Olten auf nur gerade 15–20 Individuen geschätzt (WILLISCH & BOLDT, 2012).

Die Wiederbesiedlung des Mittellandes ist also eine relativ neue Entwicklung. Noch 1977 und 1997 sahen die Hirschkonzepte des Kantons Bern vor, die flächendeckende Ausbreitung des Rothirsches ins Mittelland zu verhindern. Erst die Jagdverordnung von 2003 erliess die gesetzlichen Rahmenbedingungen, um eine natürliche waldverträgliche Verbreitung des Rothirsches über den ganzen Kanton zu ermöglichen (RUHLÉ & JUESY, 2006).

Die Lebensbedingungen im Mittelland unterscheiden sich grundlegend von jenen der Voralpen- und Alpenregionen. Die ganzjährig grössere Verfügbarkeit und höhere Qualität der Nahrungsressourcen sowie die geringeren Schneemengen dürften physiologische Vorteile bieten und sich positiv auf die Konstitution auswirken. Andererseits sind die Lebensräume viel stärker fragmentiert und auch die anthropogene Störungsbelastung durch Freizeitaktivitäten wird in den entsprechenden Gebieten um einiges höher eingeschätzt (RIGHETTI, 2002). Es war deshalb zu vermuten, dass der Rothirsch im Mittelland ein gegenüber den Voralpen und Alpen angepasstes Verhalten zeigt/aufweist, welches ihm ermöglicht, mit den besonderen Umweltbedingungen einer stark genutzten und fragmentierten Landschaft zurecht zu kommen. Aufgrund des allgemein hohen Sicherheitsbedürfnisses des Rothirsches konnten dabei insbesondere Unterschiede in der Selektion der Tageseinstände (tagsüber genutzte Rückzugsorte des Wildes) erwartet werden.

Rothirsche weisen als Wiederkäuer normalerweise einen 24-h-Aktivitätsrhythmus auf, bei dem sich Nahrungsaufnahme, Wiederkäuen und Ruhephasen abwechseln (KAMLER ET AL., 2007). In Lebensräumen mit einer hohen anthropogenen Nutzungsintensität verschieben sie ihre Hauptaktivitätsphasen jedoch auf die Dämmerung und Nacht und treten praktisch nur noch im Schutz der Dunkelheit zur Nahrungsaufnahme auf offene Flächen aus (ZWEIFEL-SCHIELLY ET AL., 2009;

KAMLER ET AL., 2007; GEORGII, 1980). Ungestörte Liegeplätze während des Tages sind daher von zentraler Bedeutung, da Rothirsche, besonders während Phasen des Wiederkäuens, sehr sensibel auf Störungen reagieren (GEORGII, 1980). Optimale Tageseinstände müssen daher Schutz vor Störungen durch potenzielle Prädatoren und menschliche Aktivitäten gewährleisten, daneben werden aber auch weiteren Faktoren wie den mikroklimatischen Verhältnissen und der Nahrungsvfügbarkeit eine zentrale Rolle zugeschrieben (ADRADOS ET AL., 2008; BORKOWSKI & UKALSKA, 2008; MILLSPAUGH ET AL., 1998; PEEK ET AL., 1982; GEORGII, 1980).

In dieser Studie wurde angenommen, dass die Standortwahl für ein Tageslager innerhalb des Waldes durch die Rothirsche nach bestimmten Kriterien erfolgt. Als Tageslager wird dabei ein punktueller Aufenthaltsort des Wildes während des Tages bezeichnet (wird auch synonym mit Liegeplatz verwendet). Ziel dieser Arbeit war es, die dafür ausschlaggebenden Auswahlkriterien (Äsungsangebot, Störungsschutz und/oder Mikroklima) herauszuarbeiten und die Einstände zu charakterisieren.

2. Untersuchungsgebiet

Das Mittelland ist die am dichtesten besiedelte Region der Schweiz, deren Erschliessungsdichte (Länge der Waldstrassen pro Hektare Wald) beträgt ungefähr 59 m/ha (im Vergleich dazu der Alpenraum mit einer Erschliessungsdichte von ca. 13 m/ha) (LFI3, 2004/06). Das dichte Siedlungs-, Strassen- und Eisenbahnnetz sowie die intensive land- und forstwirtschaftliche Nutzung führen zu einer starken Fragmentierung der Lebensräume und zu einer hohen anthropogenen Störungsbelastung, nicht zuletzt durch unser Freizeitverhalten. Innerhalb des Perimeters ist der Verlauf der Autobahn A1 für das Wild besonders einschneidend, da diese wichtige Wanderkorridore zwischen dem Mittelland und dem Jura unterbricht.

Für die Untersuchung der Tageseinstände standen Daten von drei mit GPS-Halsbändern ausgerüsteten Rothirschen im Grossraum zwischen Burgdorf, Solothurn, Olten und Langenthal zur Verfügung, welche von FaunAlpin für Projekte im Auftrag des BAFU und der Kantone Bern und Solothurn gesammelt worden waren (WILLISCH & BOLDT, 2012; WILLISCH ET AL., 2011). Die Grenzen des Untersuchungsgebietes entsprachen daher diesem Projektgebiet, welches auf der bekannten Verbreitung des Rothirsches im Berner und Solothurner Mittelland basiert. Aktuell wird in diesem Gebiet von einer Population von 15–20 Individuen ausgegangen (WILLISCH & BOLDT, 2012).

Aufgrund der GPS-Daten der drei besenderten Tiere ergaben sich für die Erhebung der Tageseinstände Schwerpunktgebiete in den Gemeinden Kestenholz – Niederbuchsiten – Wolfwil des Bezirks Gäu (SO), in den Gemeinden Subingen – Deitingen des Bezirks Wasseramt (SO) sowie im Gebiet zwischen den Gemeinden Willadingen und Ersigen im nördlichen Teil des Verwaltungskreises Emmental (BE).

3. Methode

3.1 GPS-Daten

Für die Projekte «Rothirschförderung im Jurabogen» und «Rothirsch Mittelland» wurden 2011 und 2013 zwei Stiere und eine Hirschkuh im Berner und Solothurner Mittelland mit GPS-Telemetrie-Halsbändern ausgestattet, deren Daten für diese Arbeit zur Verfügung standen (*Abb. 1*).

Der Fang und die Besenderung des Hirschstiers Ardy erfolgte im Frühjahr 2011. Dessen Lokalisationsdaten waren also während der Feldbegehung (2013) bereits zwei Jahre alt. Die anderen beiden Tiere, Wika und Yano, wurden im Frühjahr 2013 besendert. Es handelte sich deshalb um aktuelle Positionsdaten. Nächtliche Sichtbeobachtungen im Untersuchungszeitraum haben gezeigt, dass Yano meist alleine unterwegs war, während Wika ein Kalb führte und teilweise in Begleitung eines Schmaltiers (weibliches Rotwild im zweiten Lebensjahr) beobachtet werden konnte.



Abbildung 1: Besenderung von Yano (links) und Wika (rechts) im Winter 2012–13 durch Mitarbeitende von FaunAlpin sowie Helfer der Kantone Bern und Solothurn. Alle Tiere wurden beim Fang mit einem GPS-Telemetrie-Halsband ausgestattet, daneben erhielten sie nummerierte Ohrmarken zur individuellen Identifizierung im Feld (Foto: C. Willisch, Faun-Alpin GmbH, Bern).

In der Regel sind die Hirsche im Mittelland nachtaktiv, so dass tagsüber nur selten grössere Ortsverschiebungen stattfinden. Die Halsbänder waren deshalb so programmiert, dass tagsüber weniger GPS-Lokalisationen erfolgten als nachts. Bei Ardy wurde tagsüber alle zwei Stunden eine Position erhoben, bei Wika und Yano jede Stunde. Aus diesem Grund standen bei den beiden letztgenannten Tieren auch mehr Positionsdaten für die Ermittlung der Tageseinstände zur Verfügung.

3.2 Bestimmung der Stichprobenflächen

3.2.1 Eingrenzung der Tageseinstände

Da die Vegetation im Frühsommer noch im Wachstum begriffen und weniger stark ausgeprägt ist als im Sommer, wurde der Zeitraum der Aufnahmen auf die Monate Juni und Juli 2013 eingegrenzt. Dies v.a. um die Vergleichbarkeit der Aufnahmen zu gewährleisten.

Für die Bestimmung der Tageseinstände wurde der Zeitraum zwischen 7.00 und 18.00 Uhr festgelegt, da in diesem Zeitfenster normalerweise grossräumige Ortsverschiebungen der Tiere ausblieben. Als erstes wurden auf einer Karte Standorte mit einer Häufung von Positionen visuell eingegrenzt und anschliessend die einzelnen Tageseinstände definiert. Als abgrenzbare Tageseinstände galten nur Standorte, welche mindestens 4 (Ardu) bzw. 8 (Yano & Wika) aufeinanderfolgende Lokalisationen mit einem maximalen Abstand von 50 m enthielten. Sofern ein Standort Positionsdaten von mehreren Tagen mit einem Maximalabstand von 50 m enthielt, wurden diese zu einem einzelnen Tageseinstand zusammengefasst.

Beim Übertagen der Tiere auf dem offenen Feld waren die Verschiebungen grösser. Tageseinstände liessen sich daher nicht so einfach eingrenzen wie im Wald. Die Bedingungen innerhalb einer Kulturläche blieben im Gegensatz zum Wald mit seinem kleinräumigen Bestandesmosaik hingegen relativ konstant. Der Maximalabstand wurde daher in diesen Fällen auf 200 m vergrössert.

Um die Erhebung von Einständen zu verhindern, welche nur auf Grund von Störungen (z.B. durch Hunde oder Spaziergänger) aufgesucht worden waren, wurden nur Einstände untersucht, welche mindestens während zwei Tagen (aufeinanderfolgend oder unabhängig) durch die Hirsche genutzt worden waren. Dies galt allerdings nicht für Tageslager auf dem Feld, dort erfolgte auf Grund des minimierten Aufwandes und der Besonderheit der Liegeplätze eine Aufnahme sämtlicher Einstände.

3.2.2 Ermittlung der Zentren von Tageseinständen und Referenzflächen

Nach der im vorangehenden Kapitel beschriebenen visuellen Eingrenzung der Tageseinstände erfolgte die Ermittlung von deren hypothetischen Mittelpunkten. Diese wurden mittels dem Spatial Statistics Tool «Mean Center» (geografischer Mittelpunkt der einzelnen GPS-Positionen) in ArcGIS 9 berechnet und bildeten das Zentrum der Stichprobenflächen für die anschliessenden Feldaufnahmen.

Aus den Aufnahmen der Tageseinstände lässt sich nicht auf das generelle Lebensraumangebot in diesem Waldstück schliessen. Um das generelle Lebensraumangebot zu quantifizieren und dieses mit den durch die Hirsche selektierten Einständen vergleichen zu können, wurde jedem Tageseinstand eine Stichprobenfläche als Referenz zugeordnet, auf welcher identische Aufnahmen wie in den Tageseinständen durchgeführt wurden.

Das Zentrum der Referenzfläche wurde durch Würfeln bestimmt, indem die gewürfelte Augenzahl die Himmelsrichtung vorgab, in welcher der Mittelpunkt der Referenzfläche im Bezug zum Zentrum des Tageslagers in einer Distanz von 200 m zu liegen kam (1=Norden, 2=Osten, 3=Süden, 4=Westen). Wurde eine Augenzahl von 5 oder 6 gewürfelt oder kam das Zentrum der Referenzfläche ausserhalb des Waldes, auf einem Weg, einer Wasserfläche, einer anthropogenen Einrichtung (z.B. Grillplatz) oder innerhalb eines 100 m Radius von anderen Tageseinständen zu liegen, wurde der Würfelvorgang so oft wiederholt, bis sämtliche Kriterien erfüllt waren.

3.3 Vorgehen im Feld

3.3.1 Aufsuchen der Stichprobenflächen

Mittels GPS-Gerät, Kompass und Karte konnten die Zentren der Stichprobenflächen aufgesucht und auf 3–11 m genau bestimmt werden. Diese vom GPS-Gerät angegebene Genauigkeit war in erster Linie vom Kronenschlussgrad (Mass für die Flächenbesetzung der Baumkronen in einem Wald) abhängig.

Bei den Referenzflächen sowie den Lagerplätzen von Ardy diente das berechnete «Mean center» als Zentrum der Aufnahmefläche. Bei den Einständen von Wika und Yano wurde hingegen im näheren Umkreis nach Anzeichen für die Liegeplätze der Tiere Ausschau gehalten. Diese dienten dann als Zentrum, wodurch Fehler bei der anschliessenden Aufnahme der Standortfaktoren (z.B. Besonnung der Liegefläche) minimiert werden konnten.

Die Aufnahme der Standortfaktoren fand innerhalb eines 10-m-Radius um den mit einem Pylon (Verkehrskegel) markierten Mittelpunkt herum statt, was ungefähr einer Stichprobenfläche von 300 m² entsprach.

3.3.2 Erhebung der Standortfaktoren

Auf den einzelnen Stichprobenflächen wurde eine Reihe von Standortfaktoren erhoben (Tab. 1).

Die Bestandesansprache des Waldes beruht auf den Kriterien der Wegleitung Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald «NaiS» (FREHNER ET AL., 2005). Die Schätzung der Deckungsgrade erfolgte mit Unterstützung der Hilfstafel von GEHLKER (1977).

Distanzen zwischen Aufnahmefläche und Waldrand sowie zur nächstgelegenen Strasse wurden mittels ArcGIS ermittelt, während die Sichtbarkeitsdistanz im Feld mit Hilfe eines Laser-Entfernungsmessgeräts bestimmt wurde. Dazu wurde die Distanz zu einem im Zentrum aufgestellten Pylon schrittweise vergrössert, bis dieser in einer Höhe von 1 m zum letzten Mal erkennbar war. Dieser Vorgang wurde für alle vier Haupthimmelsrichtungen wiederholt. Lag der Mittelpunkt der Aufnahmefläche in der Nähe eines Waldrandes, so dass die Sichtdistanz theoretisch uneingeschränkt war, so wurde ein Maximalwert von 100 m eingetragen.

Die Sichtbarkeit des Pylons vom nächsten Weg aus wurde durch Abschreiten eines 100-m-Transektes bestimmt. Der Strassenabschnitt mit der kleinsten Distanz zum Aufnahmezentrum diente als Ausgangspunkt des Transektes. Ausgehend von diesem Punkt wurde der Weg in der Mitte in beide Richtungen auf einem Transekt von 50 m abgeschritten und die jeweilige Sichtbarkeit des Pylons in Sichtbarkeitskategorien festgehalten.

Zum Schluss wurde der Pylon entfernt und an dieser Stelle ein Sonnenkompass (forstwirtschaftliches Instrument zur Bestimmung der Sonneneinstrahlung an einem bestimmten Standort) platziert, um die Anzahl Sonnenstunden sowie die Sonnenzeiten für den Monat Juli auf dem Liegeplatz der Hirsche zu erfassen.

Die Deckungsgrade wurden in 5% –, die Höhe der Strauchschicht in 5 cm – und die Anzahl Sonnenstunden in 0.5-h-Schritten erhoben.

Aspekt	Aufnahme	Standortfaktoren
Bestandesansprache		
nach NaiS (FREHNER ET AL., 2005)	10 m Radius	Entwicklungsstufe des Waldes
		Zusammensetzung des Bestandes
		Kronenschlussgrad
Äsungsangebot		
	10 m Radius	Deckungsgrad Krautschicht <0.5 m (%)
		Dominierende Arten Krautschicht
		Höhe der Krautschicht (m)
		Deckungsgrad Strauchschicht <1.5 m (%)
		Dominierende Arten Strauchschicht
Störungsschutz		
	Distanzmessung	Distanz zum Waldrand (m)
		Distanz zu Strassen/Wegen (m)
	Kategorie	Strassen- bzw. Wegkategorie
	Distanzmessung	Sichtdistanz in 1 m Höhe (m)
	100 m Transekt	Sichtbarkeit vom nächstgelegenen Weg (%)
Mikroklima		
	10 m Radius	Deckungsgrad Strauchschicht <5 m (%)
		Deckungsgrad Baumschicht (%)
	Mean center	Sonnenzeiten im Juli (Zeitfenster)
		Anzahl Sonnenstunden im Juli (h)

Tabelle 1: Beschreibung der auf den Tageseinständen und Referenzflächen erhobenen Standortfaktoren.

3.4 Statistische Analyse der Daten

Die Frage nach dem Einfluss der erhobenen Standortfaktoren auf die Wahl der Tageseinstände sollte durch ein Modell ermittelt werden, welches die multifaktorielle Struktur der Daten berücksichtigt.

Für die statistische Analyse (mittels der Statistiksoftware R) standen jedoch eine grosse Anzahl Parameter zur Verfügung, welche nicht alle sinnvoll in ein multifaktorielles Modell integriert werden konnten. Einige der unabhängigen Variablen wiesen eine hohe Korrelation auf, so dass eine Reduktion notwendig war. Bei Variablen mit einer hohen Korrelation (Spearman $r > 0.7$) wurde daher nur die jeweils ökologisch aussagekräftigere ins Modell aufgenommen. Das heisst entweder die besser quantifizierbare Variable (z.B. Sichtdistanz über Entwicklungsstufe) oder diejenige, welche die Voraussetzungen für die andere bildete (z.B. Baumdeckungsgrad über Lichteinfall). Durch dieses Reduktionsverfahren blieben schlussendlich noch die folgenden Standortfaktoren für die Analyse übrig:

Äsungsangebot:

- Nahrungsindex (Produkt aus Deckungsgrad und Höhe der Krautschicht)

Störungsschutz:

- Distanz zum Waldrand
- Distanz zu Strassen/Wegen
- Sichtdistanz

Mikroklima:

- Deckungsgrad der dominierenden Bestockung (DG Strauch- oder Baumschicht)

Für die multifaktorielle Analyse wurde das sogenannte «Generalized Linear Mixed-Effects Modell (GLMM)» mit binomial verteilten Fehlern verwendet. Die Nutzung einer Stichprobenfläche als Tageseinstand (Hirscheinstand ja/nein) wurde in Abhängigkeit der oben genannten Faktoren modelliert. Diese flossen als sogenannte Fixed Effects ins Modell ein. Die Variablen Standort (Paare mit dem Tageseinstand und der dazugehörigen Referenzfläche) sowie die drei Individuen (Ardy, Wika und Yano) wurden als Random Effects ins Modell integriert (CRAWLEY, 2007). Die Ausgangslage für die Bestimmung der relevanten Faktoren bildete ein Voll-Modell, welches alle fünf oben aufgeführten Faktoren enthielt. In der Folge wurden schrittweise alle Faktoren ohne signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable eliminiert. Als Entscheidungsgrundlage für die Wahl eines Modells diente der AIC-Wert (Akaike Information Criterion). Da es sich um eine relativ kleine Stichprobengrösse handelte und die Parameterzahl im Vergleich zu dieser relativ umfangreich war, wurde der Bias-korrigierte AIC_{corr} verwendet (CRAWLEY, 2007). Von zwei Modellen wurde jeweils dasjenige mit dem tieferen AIC_{corr} -Wert verwendet, wobei bei einer Differenz < 2 das sparsamere Modell mit weniger Faktoren ausgewählt wurde.

4. Ergebnisse

Insgesamt wurden zwischen dem 19.7. und dem 7.8.2013 6 Tageseinstände von Ardy, 23 von Wika (12 auf dem Feld, 11 im Wald), 11 von Yano sowie die dazugehörigen Referenzflächen aufgenommen. Bei den aktuellen Positionsdaten von Wika und Yano gelang es dank des berechneten «Mean centers», in sämtlichen Fällen die tatsächlichen Liegeplätze ausfindig zu machen. Die Abweichung der Liegeplätze zum berechneten «Mean center» betrug nie mehr 10 m, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass auch die berechneten Tageseinstände von Ardy ähnlich verlässlich waren.

Auf dem Feld war es nicht möglich, alle «Mean center» aufzusuchen, da dies vor allem in den Rapskulturen zu erheblichen Flurschäden geführt hätte. Diese Einstände mussten daher vom Rand her beurteilt werden, was aber auf Grund der Homogenität der Felder gut möglich war.

4.1 Tageseinstände in landwirtschaftlichen Kulturen

Wika hielt sich in den Monaten Juni und Juli während insgesamt 26 Tagen auf dem offenen Feld auf. Das heisst, sie kehrte tagsüber nicht in den Wald zurück, sondern suchte sich ein Tageslager innerhalb einer Kultur. Bis Mitte Juli waren dies ausschliesslich Rapsfelder, als jedoch ab Woche 29 mit der Ernte dieser Felder begonnen wurde, verlegte sie ihre Einstände in Maiskulturen (Abb. 2).

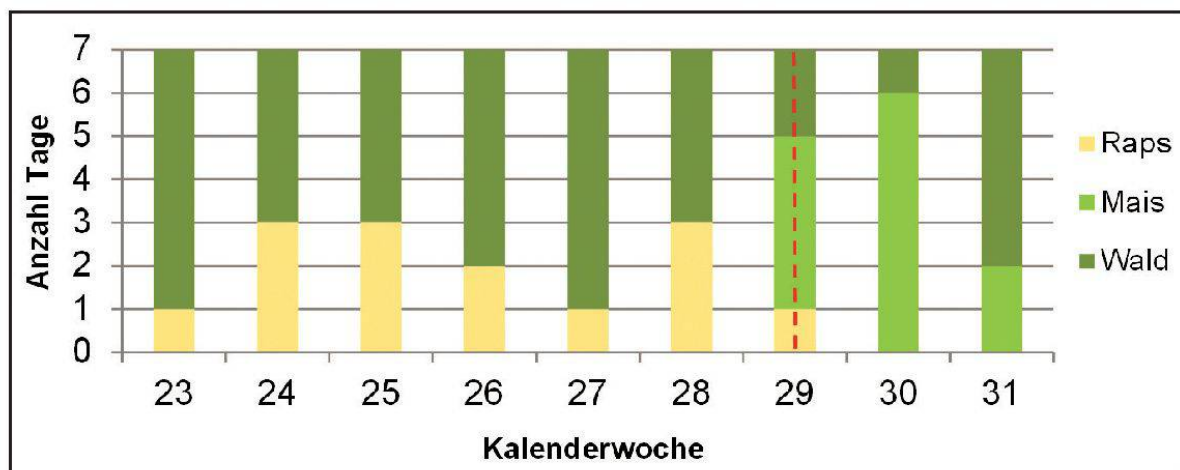


Abbildung 2: Anzahl der Tageslager von Wika während der Monate Juni und Juli innerhalb von Raps- bzw. Maiskulturen und im Wald (rot gestrichelte Linie: Zeitpunkt der Rapsernte).

Die Höhe der beiden Kulturen, die Seitentriebe und der Blütenstand des Rapses sowie die breiten hängenden Blätter des Mais bildeten ein schwer einsehbares Dickicht, welches den Tieren bereits wenige Meter im Innern gute Deckung gewährte.

So war keines der Tageslager von einem Weg aus einsehbar, obwohl die Distanzen zu vorbeiführenden Wegen und Strassen mit durchschnittlich 40 m (Raps)

bzw. 75 m (Mais) relativ niedrig waren. Die Distanzen zum Wald als potenziellen Zufluchtsort bei massiven Störungen im Tageseinstand waren hingegen mit bis zu einem Kilometer überraschend hoch (Tab. 2).

	Kultur	Raps		Mais	
	Anzahl Aufenthaltstage	14		12	
	Standortfaktoren	m	sd	m	sd
Äsungsangebot	Deckungsgrad Krautschicht	8 %	6	0 %	0
	Höhe der Krautschicht	5 cm	0	0 cm	0
Störungsschutz	Distanz zum Weg/Strasse	40 m	19	75 m	36
	Distanz zum Wald	435 m	296	885 m	168
	Sichtdistanz	10 m	0	14 m	0
	Lager vom Weg aus sichtbar	0 %	0	0 %	0
	Höhe der Kultur	1.4 m	0	2.2 m	0.3
Mikroklima	Deckungsgrad der Kultur	80 %	0	55 %	0

Tabelle 2: Erhobene Standortfaktoren zu den Parametern Äsungsangebot, Störungsschutz und Mikroklima im Vergleich zwischen Raps- und Maiskulturen (m = Mittelwert, sd = Standardabweichung).

4.2 Tageseinstände im Wald

4.2.1 Bestandesansprache

Bei einer auf rein waldbaulichen Kriterien beruhenden Charakterisierung der Stichprobenflächen kann bei der Wahl der Tageseinstände eine Bevorzugung von Dickungsflächen festgestellt werden (Abb. 3). In den Referenzflächen waren die Waldbestände relativ gleichmässig über die unterschiedlichen Altersklassen verteilt, im Gegensatz dazu befanden sich von 28 untersuchten Rothirschtageseinständen 27 innerhalb einer Dickungsfläche (Bestandeshöhe >1.3 m, Brusthöhendurchmesser der Stämme <12 cm). Dabei war die Dominanz der jeweiligen Bestockung massgebend für die Einteilung in die verschiedenen Altersklassen; knapp $\frac{2}{3}$ der Einstände bestanden aus reinen Dickungen, ungefähr $\frac{1}{3}$ wies noch Überhälter auf (ältere, höhere Bäume), was auf die gewählte waldbauliche Methode bei der Waldverjüngung zurückzuführen ist.

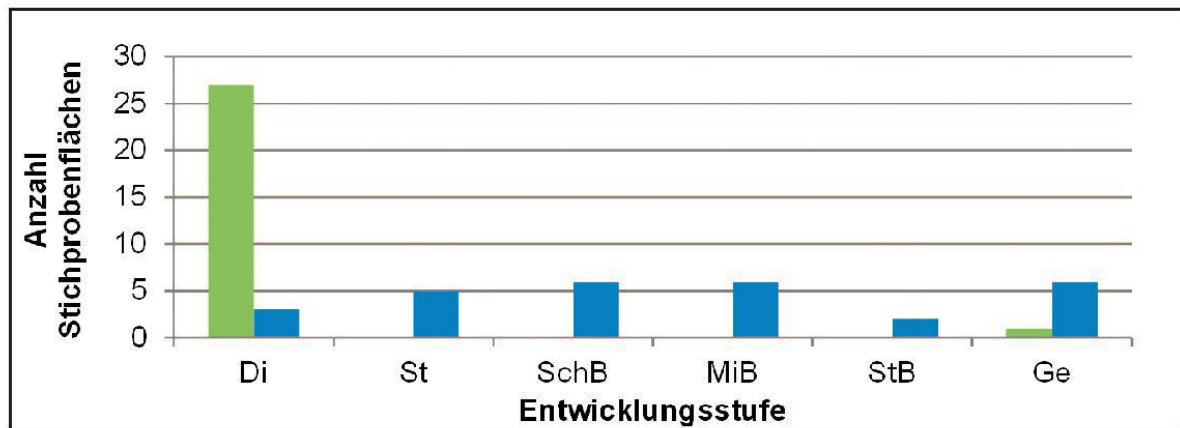


Abbildung 3: Verteilung der Altersklassen der dominanten Bestockung in den Tageseinständen (grün) und Referenzflächen (blau) (Di = Dickung, St = Stangenholz, SchB = Schwaches Baumholz, MiB = Mittleres Baumholz, StB = Starkes Baumholz, Ge = Gemischt).

Sowohl die Bestandeszusammensetzung als auch der Kronenschlussgrad auf den Stichprobenflächen waren in den Tageseinständen und Referenzflächen ähnlich verteilt (Abb. 4). Es fällt einzig das weitgehende Fehlen von Mischbeständen in den Tageseinständen auf, was allerdings auf die Dickungsflächen zurückzuführen ist. Diese sind räumlich meist auf wenige Aren beschränkt und die verjüngungsökologischen Verhältnisse (Licht, Beschattung, Samenbäume) sowie das waldbauliche Verjüngungsziel haben meist die Dominanz einzelner Arten zur Folge, was allerdings nichts über die Textur (beschreibt Anteil der vorhandenen Baumarten und ihre Mischungsform) des Gesamtbestandes aussagt.

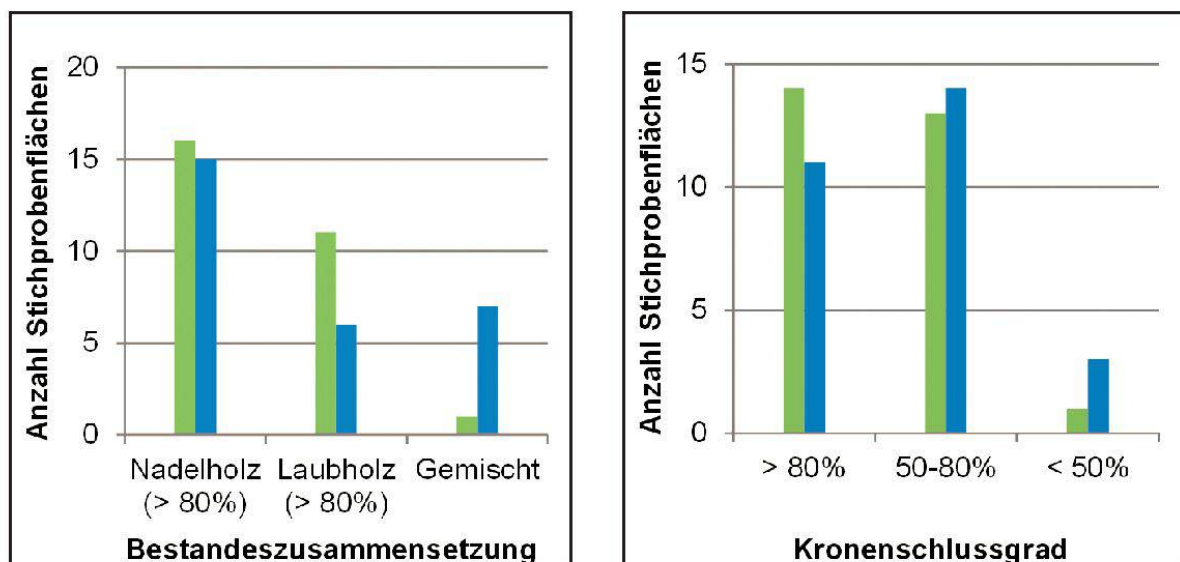


Abbildung 4: Bestandeszusammensetzung und Kronenschlussgrad in den Tageseinständen (grün) und den Referenzflächen (blau).

4.2.2 Zusammensetzung des Äsungsangebotes

Die Arten der Kraut- und Strauchschicht waren in den Tageseinständen und den Referenzflächen ähnlich zusammengesetzt. Je nach Lichtverhältnissen dominierten in der Krautschicht Brombeeren, Farne oder Sauergräser. Die Strauchschicht wurde vor allem von Fichten, Tannen und Rotbuchen geprägt (Abb. 5). Da in den untersuchten Nadeldickungen noch keine Durchforstung und Wertastung (Entfernung der Äste im Stammbereich zur Verhinderung des Einwachsens; erfolgt normalerweise ab einem Brusthöhendurchmesser von 10–15 cm) durchgeführt worden war, waren diese Bäume fast bis zum Boden hin beastet. Der Deckungsgrad der Strauchschicht fiel bis in eine Höhe von 1.5 m auch entsprechend höher aus als in Bestockungen mit älteren Altersklassen. Für die Berechnung des Äsungsangebotes wurde die Strauchschicht jedoch nicht berücksichtigt, da die Äsung von Laub- und Nadelhölzern anteilmässig vor allem in den Wintereinständen von Bedeutung ist (SUTER ET AL., 2004; BUCHLI, 1983).

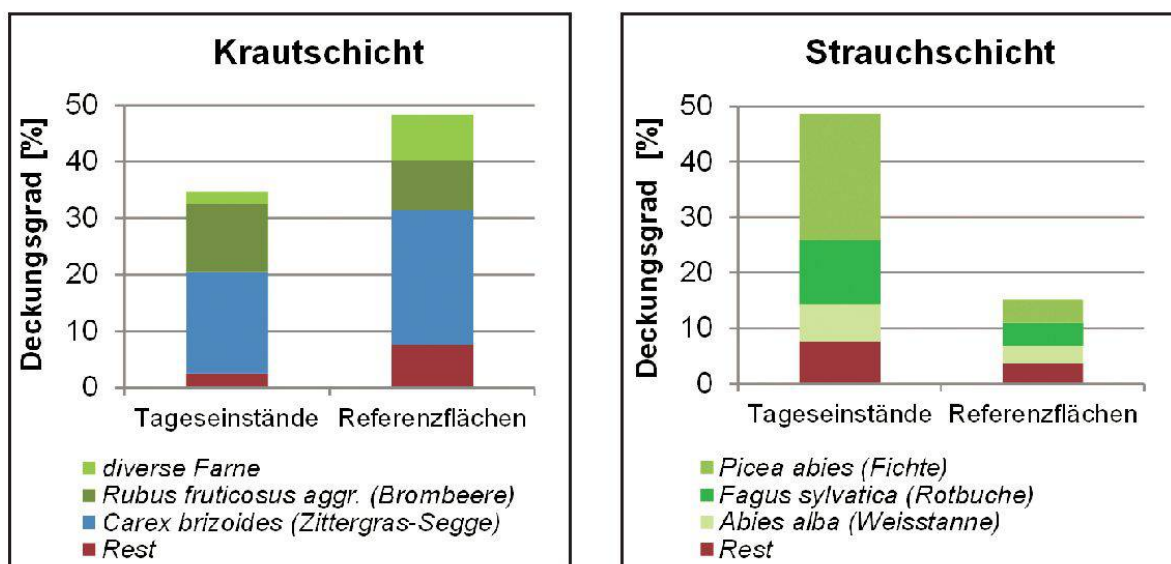


Abbildung 5: Vegetationszusammensetzung der Krautschicht (<0.5 m) und der Strauchschicht (<1.5 m) in den Tageseinständen und Referenzflächen (dominanten Pflanzenarten mit Stetigkeit >25%).

4.2.3 Einfluss der Standortfaktoren auf die Selektion des Tageseinstandes

Die GLMM-Analyse ergab, dass einzig der Faktor Sichtdistanz einen signifikanten Einfluss auf die Selektion von Tageseinständen hat (estimate = -0.44, se = 0.139, z = 3.162, p = 0.0016, N_{total} = 56, N_{Tageseinstände} = 28, N_{Referenzflächen} = 28; wobei estimate = Schätzwert, se = Standardfehler, z = Standardwert, p = Überschreitungswahrscheinlichkeit und N = Stichprobenumfang). Je stärker die Sicht durch Vegetation oder topographische Elemente eingeschränkt wird, desto eher wird demzufolge ein Waldstandort als Tageseinstand ausgewählt. Die übrigen Faktoren, d.h. Nahrungsindex, Distanz zum Waldrand, Distanz zu Strassen/Wegen und

Deckungsgrad der dominierenden Bestockung (DG Strauch- oder Baumschicht), haben hingegen alle keinen signifikanten Einfluss auf die Wahl des Liegeplatzes der drei Rothirsche.

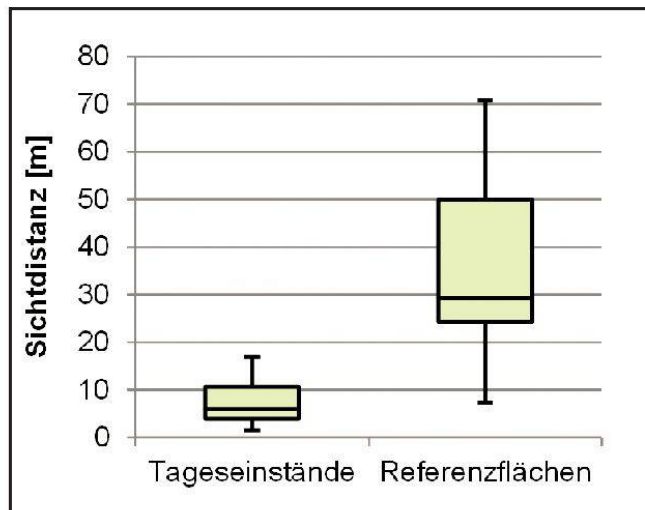


Abbildung 6: Sichtdistanz (in m) ausgehend vom Zentrum der Stichprobenfläche im Vergleich zwischen Tageeseinständen und Referenzflächen.

Während die Sichtdistanz in den Referenzflächen mit abwechselnd sehr offenen und eher dichten Beständen eine starke Streuung aufwies, waren die Sichtdistanzen in den Tageeseinständen im Mittel auf 6 m beschränkt, was die enorme Dichte der Vegetation auf Augenhöhe eines liegenden Tieres (1 m) vermittelt (Abb. 6 und 7).

Auf Grund dieser dichten Bestockung in den Tageeseinständen war auch kein einziger untersuchter Liegeplatz von einer Strasse oder einem Weg her einsehbar.

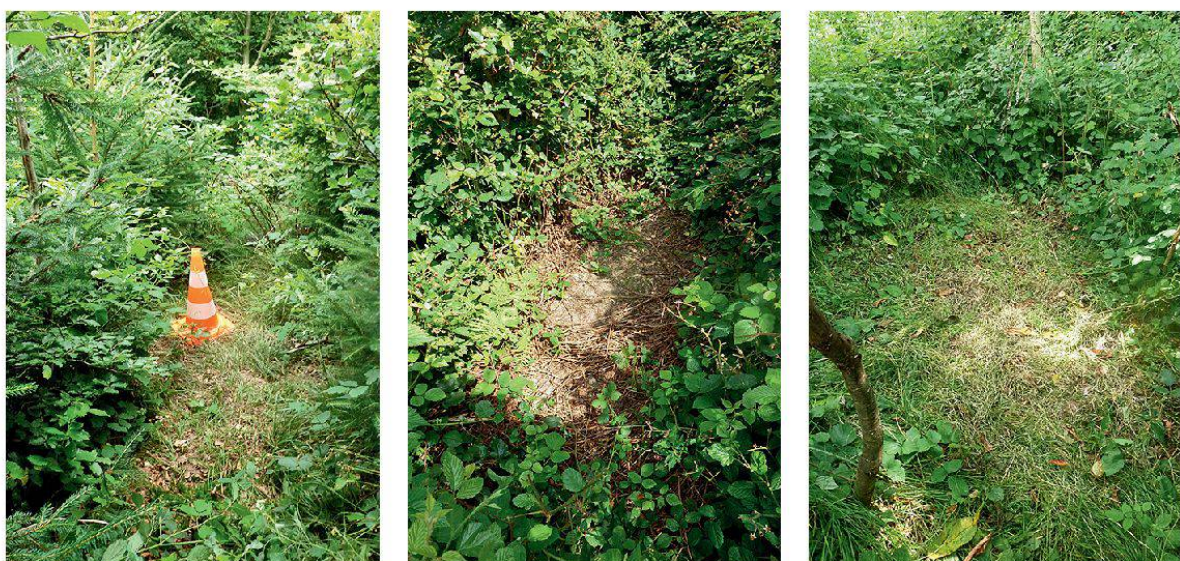


Abbildung 7: Die Liegeplätze lagen meist in unzugänglichen Dickungsflächen, die dichte Vegetation schränkte entsprechend auch die Sichtdistanz erheblich ein. Das Zentrum des Liegeplatzes wurde für die Aufnahmen jeweils mit einem Pylon-Strassenkegel markiert (linkes Bild).

4.3 Strukturelemente

Im Gegensatz zu den Referenzflächen wiesen die Tageslager häufig Strukturelemente in Form von liegendem Totholz oder Baumstrünken auf. Diese waren meist so ausgerichtet, dass sie eine seitliche Begrenzungslinie des eigentlichen Liegeplatzes bildeten (Abb. 8). Besonders häufig war dies bei den Tageseinständen von Yano zu beobachten, dort enthielten 7 der insgesamt 11 untersuchten Einstände ein entsprechendes Strukturelement (Abb. 9).



Abbildung 8: Die Liegeplätze von Wika und Yano wiesen häufig Strukturelemente in Form von Baumstrünken oder liegendem Totholz auf.

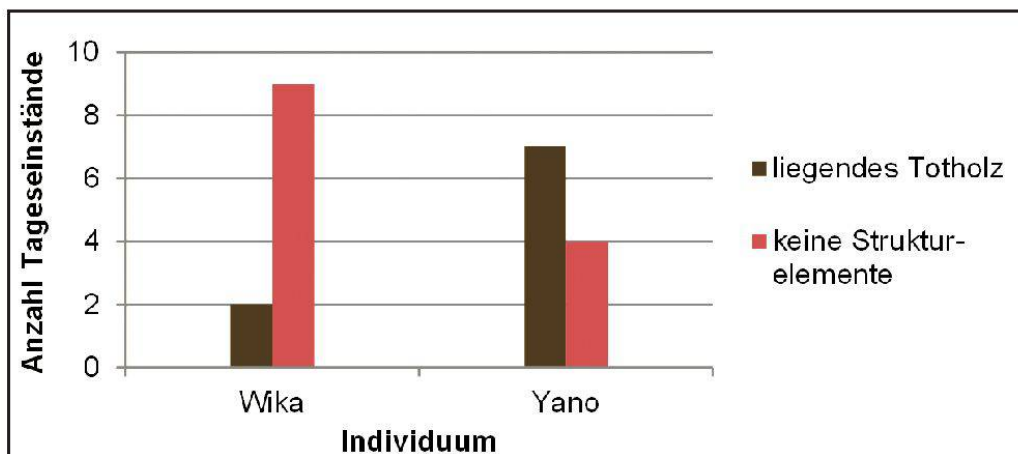


Abbildung 9: Anzahl Tageseinstände mit Strukturelementen auf der Liegefläche im Vergleich zwischen den Individuen Wika und Yano.

4.4 Bemerkungen zu Nutzungsintensität und Verbiss

Die Nutzungsintensität der einzelnen Tageslager variierte relativ stark. Besonders die Einstände von Wika waren durch ein dichtes Netz an Wechselln, Liegeplätzen und Frassspuren gekennzeichnet. Da ihre Einstände häufig mehrere, deutlich voneinander abgesetzte Liegeflächen aufwiesen, kann davon ausgegangen werden, dass diese häufig von mehreren Tieren gleichzeitig benutzt werden. Im Gegensatz dazu fanden sich bei Yano meist nur ein bis zwei Liegeplätze, wobei meist einer davon als Hauptlager identifiziert werden konnte.

Deutliche Schäl- oder Fegeschäden (unter Schälen versteht man das Abreissen ganzer Rindenstücke zur Nahrungsaufnahme, als Fegen bezeichnet man das Abreiben der absterbenden Geweihhaut (Bast) an Bäumen) konnten in keinem Einstand gefunden werden. Hingegen waren fast überall deutliche Frassspuren in der Krautschicht auszumachen. Am besten war dies an Brombeerstauden und Farnen zu erkennen, welche häufig auf dem Liegeplatz selbst und im direkten Umkreis vollständig abgebissen waren.

Je nach Nutzungsintensität und Baumartenzusammensetzung in den Einständen waren auch die Verbissschäden unterschiedlich. Seitentriebe von Laubbäumen (Buche, Lorbeere, Ahorn, Haselstrauch, Eiche) in direktem Umkreis der Liegefläche waren häufig abgefressen, jedoch meist ohne dass die Terminaltriebe beschädigt waren. Kleinere Weisstannen bis auf eine Höhe von 1 m waren meist stark verbissen (Terminal- und Seitentriebe), wobei es sich dabei immer um Einzelbäumchen handelte. Bei Einständen innerhalb von Weisstannendickungen konnten hingegen keine grösseren Verbissschäden an den Bäumen ausgemacht werden.

Die einzigen nennenswerten Verbiss- und Schälsschäden konnten in feuchten Habitaten festgestellt werden. Zwei der untersuchten Einstände von Wika befanden sich in der unmittelbaren Nähe zu Bachläufen innerhalb von Eschendickungen. Hier waren sämtliche Bäume in einem Umkreis von 10–20 m um die Liegeplätze herum stark beschädigt oder abgestorben.

5. Diskussion

5.1 Übertagung in landwirtschaftlichen Kulturen

Bisher war das Bild des Rothirsches durch die Vorstellung geprägt, die Tiere würden tagsüber dichte, bewaldete Flächen bevorzugen und normalerweise nur nachts zur Nahrungsaufnahme auf offene Flächen austreten (z. B. ZWEIFEL-SCHIELLY ET AL., 2009; PATTHEY, 2003; CATT & STAINES, 1987). Zwar sind Hirsche zum Beispiel im Schweizer Nationalpark auch tagsüber auf alpinen Weiden zu beobachten, allerdings handelt es sich dabei um Gebiete ohne menschliche Störungen (ZWEIFEL-SCHIELLY ET AL., 2009). Dass Wika mit ihrem Kalb während gut der Hälfte aller Tage innerhalb des Beobachtungszeitraums Tageseinstände ausserhalb des Waldes in Raps- oder Maiskulturen wählte, ist daher insbesondere für das Mittelland mit seiner hohen anthropogenen Störungsintensität überraschend und relativiert möglicherweise das geläufige Bild des stark an Wälder gebundenen Rothirsches.

Ähnliche Beobachtungen aus anderen Ländern sind nur schlecht mit den Schweizer Verhältnissen vergleichbar. Laut einer Studie von Brook (2010) an nord-amerikanischen Rothirschen (*Cervus canadensis*) nutzt beispielsweise ein grosser Anteil der Hirschkühe im Sommer landwirtschaftliches Gebiet als wichtiges Tageshabitat, allerdings nur vereinzelt Tiere als exklusiven Lebensraum oder gar als Setzgebiet. Das Gebiet wird allerdings intensiv landwirtschaftlich genutzt, Wälder

sind nur noch als kleine, isolierte Überreste vorhanden. Die einzige bekannte europäische Ausnahme bilden Hirschpopulationen in den spärlich besiedelten Teilen Englands und Schottlands, welche ausschliesslich in den offenen Hügel- und Moorlandschaften anzutreffen sind. Wälder sind allerdings auch hier kaum vorhanden (CATT & STAINES, 1987; CLUTTON-BROCK ET AL., 1982).

Tageslager ausserhalb des Waldes unterscheiden sich in zwei wesentlichen Punkten von Einständen im Wald. Einerseits bieten landwirtschaftliche Nutzflächen komplett andere Nahrungsbedingungen als Wälder, andererseits ist auch die Störungssituation insbesondere durch anthropogene Nutzung eine andere.

Im Sommer sind die menschlichen Aktivitäten im Wald besonders hoch und beschränken sich auch häufig nicht auf die Wege. Es ist daher anzunehmen, dass dichte Kulturen wie Mais und Raps ab einer gewissen Höhe, im Gegensatz zu Waldgebieten, das ungestörtere Habitat darstellen. Menschliche Aktivitäten beschränken sich weitgehend auf die Wege und sind für die Tiere somit relativ leicht einzuschätzen. Laut GEORGII (1980) zeigen Rothirsche, die in sehr guter Deckung liegen, keine sichtbaren Reaktionen auf menschliche Aktivitäten in ihrer Umgebung. Sie scheinen sich sogar an örtlich fixierte Störungen gewöhnen zu können. GODVIK ET AL. (2009) erklären die Wahl von besonders dichten Habitaten durch die Kühe im Sommer damit, dass Kälber in den ersten Lebenswochen in ihrer Mobilität eingeschränkt sind und dass gute Verstecke das Prädationsrisiko der Kälber senken. Die Resultate bei der Wald- und Wegdistanz lassen darauf schliessen, dass sich Wika auf den Schutz der jeweiligen Kultur verliess und dass die Fluchtdistanz zum Wald, als potenzieller Rückzugsort bei Störungen, bei der Wahl ihrer Tageseinstände offensichtlich keine Rolle spielte.

Auch wenn Rothirsche in der Schweiz mehrheitlich nachtaktiv sind, ist eine regelmässige Nahrungszufuhr entscheidend, um die Mikroorganismenzusammensetzung im Pansen zu stabilisieren und eine Maximierung der Verdauungseffektivität zu ermöglichen (CLUTTON-BROCK, 1982). Daher ist auch der Aspekt der Nahrungsaufnahme während des Tages zu berücksichtigen, da insbesondere Kühe für die Laktation und Aufzucht des Kalbes während der Sommermonate energetisch hochwertige Nahrung benötigen (MILLSPAUGH ET AL., 1998). Vor diesem Hintergrund sind Mais- und Rapsfelder durchaus interessante Kulturen. Raps gilt als protein- und energiereiche Nahrungspflanze des Rothirsches und auch die Maiskolben spielen ab einem gewissen Reifegrad eine wichtige Rolle (GEBERT & VERHEYDEN-TIXIER, 2001). Natürliche Äsungsgelegenheiten innerhalb der Felder sind nur marginal vorhanden, da sowohl Mais als auch Raps als extreme Monokulturen bewirtschaftet werden. Das Aufkommen einer Ackerbegleitflora in der Krautschicht wird durch den flächendeckenden Einsatz von Herbiziden (WEINDL, 2013) und den geringen Lichteinfall unterbunden. Daher boten Maiskulturen erst ab Mitte Juli eine geeignete Nahrungsgrundlage, da die Maiskolben zuvor noch sehr klein und unreif waren. Dies könnte erklären, warum sich Wika bis zur Rapsernte Mitte Juli ausschliesslich in Rapskulturen aufhielt obwohl beide Kulturen bezüglich

Sichtschutz, der Ruderalflora und den thermischen Bedingungen bereits ab Anfang Juni vergleichbare Voraussetzungen boten.

Die Verdaulichkeit der Waldvegetation sinkt mit Verfestigung der Stützgewebe und Verholzung der Pflanzen ab Ende Mai rasch ab (Buchli, 1983). Daher bieten offene, landwirtschaftlich genutzte Flächen qualitativ hochwertigere Nahrungsbedingungen als Waldhabitate (EDGE ET AL., 1987), was besonders für laktierende Kühe von Bedeutung sein dürfte (CLUTTON-BROCK ET AL., 1982). Wanderungen zwischen geeigneten Tageseinständen im Wald und den optimalen Äsungsflächen können allerdings schnell 1–2 km betragen, wobei potentielle Gefahrenquellen im offenen Gelände dank besserem Überblick wahrscheinlich schon aus grösserer Distanz wahrgenommen und eingeschätzt werden können als bei Ortsverschiebungen im Wald. Die Entscheidung des Alttiers tagsüber Deckung in landwirtschaftlichen Kulturen zu suchen, könnte also auch damit erklärt werden, dass dadurch unnötige räumliche Verschiebungen vermieden werden können, welche besonders für das Kalb ein erhöhtes Prädationsrisiko mit sich bringen. Solche Tageseinstände könnten somit als Optimierung zwischen Feindvermeidung und optimalen Nahrungsbedingungen verstanden werden.

5.2 Übertagung im Wald

Die Liegeplätze von Wika und Yano waren zum Aufnahmezeitpunkt in allen Fällen deutlich zu erkennen. Durch die intensive Nutzung waren klar abgrenzbare Flächen entstanden (verdorrtes Gras, Erdmulden, vegetationslose Stellen), welche die Liegeflächen kennzeichneten. Dies auch, wenn zwischen der letzten Nutzung durch die Tiere und der Aufnahme mehrere Wochen vergangen waren. Dies lässt auf eine relativ starke Standorttreue der Tiere während des Tages schliessen und unterstreicht die zentrale Stellung von geeigneten Liegeplätzen im Untersuchungsgebiet. Laut NÁHLIK ET AL. (2009) ist diese Minimierung des tagsüber genutzten Aktionsraumes von Rothirschen typisch für Gebiete mit einer hohen menschlichen Nutzungsintensität. Die ausschlaggebenden Selektionsfaktoren müssen demzufolge im unmittelbaren Umkreis des Liegeplatzes zur Verfügung stehen und auch im Tagesverlauf erhalten bleiben.

Relevante Aspekte bei der Wahl eines Tageslagers dürften insbesondere eine gute Nahrungsverfügbarkeit für die Gewährleistung einer regelmässigen Nahrungsaufnahme, geeignete mikroklimatische Bedingungen (Schutz vor ungünstigen Witterungseinflüssen) sowie Störungsverminderung auf Grund des ausgeprägten Sicherheitsbedürfnisses und der Sensibilität während dem Wiederkäuen sein. Da ein einzelner Einstand praktisch nie alle diese Voraussetzungen erfüllen kann, kommt es bei der Wahl eines geeigneten Tageseinstandes zu sogenannten Trade-offs, also einem Abwägen zwischen Kosten und Nutzen eines bestimmten Standorts durch Gewichtung der einzelnen relevanten Aspekte (z. B. GODVIK ET AL., 2009; ADRADOS ET AL., 2008).

Um eine periodische Nahrungsaufnahme zu gewährleisten, befinden sich Tageslager oftmals in unmittelbarer Nähe zu ergiebigen Äsungsgelegenheiten (BORKOWSKI & UKALSKA, 2008; PATTHEY, 2003; MYSTERUD & ØSTBYE, 1999). Im Untersuchungsgebiet konnte hingegen kein signifikanter Unterschied zwischen dem Äsungsangebot in den Tageseinständen und den Referenzflächen gefunden werden, dies unter den Annahmen, dass das Äsungsangebot ausschliesslich die Ausprägung der Krautschicht umfasst und dass die Rothirsche ihre Tageseinstände für die Nahrungsaufnahme nicht weiträumig verlassen. Im Durchschnitt war das Krautschichtangebot in der unmittelbaren Umgebung der Tageslager sogar kleiner als auf den Referenzflächen, was mit der zum Teil dichteren Beastung der Deckungsflächen und dem damit verbundenen geringeren Lichteinfall auf den Boden erklärt werden kann. Allerdings ist die Vegetation im Wald während des Sommers üppig ausgeprägt und relativ gleichmässig verteilt und daher zumindest im Mittelland wahrscheinlich kein limitierender Faktor. Brombeer- oder Sauergrasvorkommen waren fast in allen Tageseinständen vorhanden und Frassspuren an Stängeln und Blätter im unmittelbaren Umkreis der Lager wiesen auf eine Nutzung durch die Hirsche hin. Zum Teil schien es tatsächlich so, als würden die Tiere im Liegen an den erreichbaren Pflanzen äsen. Auch PATTHEY (2003) geht davon aus, dass Rothirsche tagsüber in unmittelbarer Umgebung ihres Tageslagers fressen. Das Vorhandensein und die offensichtliche Nutzung der Krautvegetation in den Einständen erklären auch die geringen Verbisschäden an den Nadelbäumen.

Im Winter ist die Situation im Wald bezüglich des Nahrungsangebots sicherlich weniger günstig. Die Nadelbaumdickungen bieten allerdings dank ihrer bodennahen Beastung den Vorteil, dass ganzjährig erreichbare Nahrung zur Verfügung steht. Blätter, Nadeln und Borke spielen im Sommer nur eine untergeordnete Rolle in der Nahrungszusammensetzung ($\leq 10\%$; SUTER ET AL., 2004), weshalb sie für die Betrachtung des Äsungsangebotes ausser Acht gelassen wurden. Falls die gleichen Einstände allerdings auch im Winter benutzt werden, dürfte dieser Aspekt von Bedeutung sein.

Vom Kronenschlussgrad her waren Referenzflächen und Tageseinstände vergleichbar, allerdings wies nur ein einzelner Einstand einen Deckungsgrad von weniger als 50% auf. Als ideal werden in der Literatur Einstände mit einem Deckungsgrad zwischen 50–100% beschrieben (MILLSPAUGH ET AL., 1998; BROWN, 1994; LECKENBY, 1984), was im Mittelland allerdings auf die meisten Waldflächen zutrifft. Es ist daher schwierig festzustellen, welchen Einfluss klimatische Faktoren auf die Wahl der Tageslager hatten. Allerdings wird die Notwendigkeit von thermischem Schutz für Hirsche im Sommer auch kontrovers diskutiert (MYSTERUD & ØSTBYE, 1999; MILLSPAUGH ET AL., 1998; PEEK ET AL., 1982). Nordamerikanische Rothirsche können beispielsweise auch in kontinental geprägten Gebieten existieren, die wenig oder gar keinen Schutz vor thermischen Einflüssen bieten (z.B. in den Grassteppen Washingtons und Idahos).

Während die Monatsmitteltemperatur im Juni 2013 etwa dem Normwert (1981–2010) entsprach, wurde im Juli ein deutlicher Wärmeüberschuss von 1–2.5° C mit

25 Sommertagen registriert, was seit Messbeginn (1864) erst dreimal übertroffen worden war (METEOSCHWEIZ, 2013). Bis auf einige Flächen, in denen sogenannte Überhälter die Dichtung als dominierende Bestockung überragten, war die Höhe der Bäume über den Einständen auf 5–6 m beschränkt. Da das Mikroklima unter anderem von der Bestandesstruktur abhängt, ist davon auszugehen, dass innerhalb dieser niedrigen Bestockungen klimatische Extreme (v.a. Luft- und Bodentemperatur) nicht gleich stark gemildert werden wie dies in höheren Beständen der Fall ist. Die thermische Deckung in den untersuchten Einständen dürfte daher tatsächlich nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben.

Auf Grund ihres ausgeprägten Sicherheitsbedürfnisses würde es plausibel erscheinen, dass sich die Tiere für Ruhephasen ins Innere des Waldes zurückziehen und die Nähe zu Strassen oder anderen anthropogenen Störungsquellen meiden. Es gibt denn auch eine Reihe von Studien, die eine Meidung von Strassen und Gebäuden feststellen konnten, zum Teil abhängig vom Strassentyp, Verkehrsaufkommen und der Topographie (z. B. PATTHEY, 2003; ROWLAND ET AL., 2000). In anderen Studien konnte hingegen kein diesbezüglicher Effekt nachgewiesen werden (THEUERKAUF, 2008; MILLSPAUGH ET AL., 1998; EDGE ET AL., 1987), was auch den Ergebnissen dieser Studie entspricht. Es konnten weder signifikante Unterschiede zwischen Tageseinständen und Referenzflächen bezüglich Distanz zu Strassen/Wegen noch zum Waldrand festgestellt werden. Die Minimaldistanz zwischen einem Weg und einem Tageseinstand betrug nur gerade 20 m. Bei geeigneten Habitatstrukturen sind Rothirsche anscheinend in der Lage, sich an örtlich fixierte Störungsquellen zu gewöhnen (GEORGII, 1980). Ardy hielt sich beispielsweise im Sommer 2011 während 4 Tagen in unmittelbarer Nähe (<20 m) zu einer Vita-Parcours-Station auf.

Bei den klassierten Strassen und Wegen im Untersuchungsgebiet handelte es sich grösstenteils um forstliche Erschliessungsstrassen und Wege, welche nicht stark durch Fahrzeuge frequentiert werden, sondern hauptsächlich der Freizeitnutzung dienen. Allerdings ist die Nutzungsintensität durch Sportler, Spaziergänger und Hunde nur schwer zu erfassen. Der tatsächliche Störungseinfluss eines einzelnen Verkehrsweges war daher im Rahmen dieser Arbeit nicht zu bestimmen, ist in den untersuchten Waldgebieten jedoch generell sehr hoch.

Das Sicherheitsbedürfnis der Tiere wird daher wohl weniger durch die Distanz zu Störungsquellen als durch optimale Deckungseigenschaften der gewählten Einstände befriedigt. Mehr als die Hälfte aller untersuchten Tageseinstände lagen in Dichtungsflächen mit einem Nadelbaumanteil von über 90% und einer bis fast zum Boden reichenden Beastung. Die Deckungseigenschaften dieser Einstände bleiben im Gegensatz zu Laubholzflächen ganzjährig konstant, in den Misch- und Laubholzflächen dürften sich die Bedingungen im Herbst mit dem Abwurf der Blätter bezüglich Nahrung und Deckung hingegen stark verschlechtern. Ob diese Einstände im Winter ebenfalls genutzt werden ist daher fraglich, bei den Nadelholzflächen ist eine ganzjährige Nutzung hingegen sehr wahrscheinlich.

Dickungen formen ein schwer einsehbares und gleichzeitig auch schwer begehbare Unterholz. Die Sichtdistanz innerhalb dieser Bestockungsenklaven ist, besonders in Nadeldickungen, auf einige wenige Meter beschränkt. Die dichte Vegetation bietet aber nicht nur einen hervorragenden Sichtschutz, sie verunmöglicht auch eine lautlose Annäherung an das ruhende Tier, Bewegungen innerhalb dieses Dickichtes können durch die Rothirsche daher nicht nur frühzeitig gehört, sondern wahrscheinlich auch in ihrer Distanz sehr gut eingeschätzt werden.

Von Aussen scheinen Dickungen ein homogenes Geflecht aus Ästen und Stämmen zu bilden, im Innern zeigen sie aber eine kleinräumige Mosaikstruktur. Bevor die Flächen durchforstet werden (*Abb. 10*) um eine regelmässige Verteilung der Bäume herbeizuführen, sind die einzelnen Bäumchen truppweise gruppiert. Dadurch entsteht auf engstem Raum ein Patchwork aus unterschiedlichsten Bedingungen (Mikroklima, Licht, Nahrung) mit inneren Waldrändern und kleinen Lichtungen, welche eine üppige Krautschicht aufweisen. Diese können zur Äsung genutzt werden, ohne dass die Tiere den Schutz der Dickung verlassen müssen und Verschiebungen von wenigen Metern reichen aus, um entweder der vollen Sonne ausgesetzt zu sein oder komplett im Schatten zu liegen. Diese Flächen bieten somit die Möglichkeit, Trade-offs zwischen Sicherheitsbedürfnis, optimalen Nahrungsbedingungen und Thermoregulationskosten zu optimieren.



Abbildung 10: Fichtendickungen vor (linkes Bild) und nach (rechtes Bild) der Dickungspflege, welche eine drastische Reduktion der Vegetation auf Sichthöhe der Hirsche zu Folge hat. Dies dürfte die Qualität als Tageseinstand drastisch reduzieren. Beide Flächen hatten im Sommer 2011 noch Liegeplätze von Ardy enthalten.

Erstaunlich ist die grosse Anzahl von Tageseinständen auf kleinstem Raum. Die Rothirsche verfügen auch in kleinen Waldgebieten über ein engmaschiges Netz an verschiedenen ähnlich stark frequentierten Einständen. Nach welchen Gesichtspunkten die einzelnen Einstände je nach Tag ausgesucht werden, ist nicht ersichtlich, es ist aber vorstellbar, dass zum Beispiel das Wetter dabei eine Rolle spielt. Ausserdem können die Tiere so bei Störungen oder waldbaulichen Eingriffen auf einen anderen nahegelegenen Einstand ausweichen. Die Bedingungen innerhalb dieser Einstände bleiben aber über die Jahre hinweg nicht konstant. Besonders

waldbauliche Eingriffe (Dickungspflege, Wertastung) können einen guten Einstand zerstören – sie führen zu sofortigen drastischen Veränderungen sämtlicher Standortbedingungen (Sichtdistanz, Sichtbarkeit des Lagers, Deckungsgrad, Bodenvegetation, Sonneneinstrahlung). Vor allem die dichte Vegetation auf Sichthöhe geht durch eine Läuterung verloren, wodurch diese Einstände für die Hirsche wahrscheinlich nicht mehr interessant sind (*Abb. 10*). Detaillierte Ortskenntnisse der Tiere in ihrem Streifgebiet und ein dynamisches Netzwerk an Tageseinständen sind daher wahrscheinlich von entscheidender Bedeutung.

5.3 Fazit

Generell kann gesagt werden, dass die vorliegende Studie erstmals wichtige Anhaltspunkte zum Verhalten der aktuell im Mittelland ansässigen Rothirsche liefert, in dem zahlreiche Tageseinstände detailliert untersucht worden sind. Nicht ganz unerwartet war demnach das starke Bedürfnis der Individuen nach Deckung. Der Schutz vor Störung scheint somit das zentrale Hauptelement bei der Wahl der Tageseinstände im Mittelland zu sein. Interessant ist hierbei, dass die Nähe zu Strassen und Waldwegen offenbar keine besondere Bedeutung für die Einstandswahl im Wald hatte. Keine oder bloss eine geringe Relevanz sind zudem dem Angebot an verfügbarer Nahrung im Tageseinstand wie auch den mikroklimatischen Bedingungen zuzumessen.

Der Sichtschutz der Liegeplätze in Form von dichter Vegetation ist gemäss unserer Studie also der dominante Faktor bei der Selektion der Tageseinstände im Mittelland. Aus Sicht des Managements liegt der Schluss deshalb nahe, dass die räumliche Verteilung der Rothirsche wohl bis zu einem gewissen Grad durch waldbauliche Massnahmen gesteuert werden kann, indem entsprechende Lebensraumstrukturen geschaffen bzw. erhalten werden. Demnach dürfte eine landschaftlich homogene Verteilung von frühen Waldentwicklungsstufen (Jungwuchs, Dickung) förderlich für die Verbreitung und Verteilung der Rothirsche sein.

Sehr überraschend, sowohl aus Sicht der Ökologie als auch in Bezug auf das Management der Rothirsche, ist die Erkenntnis dieser Studie, wonach Rothirsche ihre Tageslager durchaus auch ausserhalb des Waldes in landwirtschaftlichen Kulturen haben können, sofern ihnen diese ausreichend Sichtschutz bieten. Das geläufige Bild des stark an die Wälder gebundenen Rothirsches wird deshalb womöglich relativiert und somit auch die Vorstellung, dass grossflächige Waldstrukturen für die Eignung der Lebensräume als Hirschhabitat von überragender Bedeutung sind. Ein zentraler Aspekt des künftigen Rothirsch-Managements in der Schweiz wird basierend auf den Erkenntnissen dieser Studie daher sicherlich eine Neu-Beurteilung der geeigneten Rothirsch-Lebensräume im Mittelland sein.

Ob sich im Schweizer Mittelland mittel- bis langfristig eigenständige, sich selbst tragende Populationen etablieren können, muss abgewartet werden. Neben der Verfügbarkeit geeigneter Tageseinstände dürften hierbei noch zahlreiche andere ökologische Aspekte eine wichtige Rolle spielen. Nicht zuletzt wird wohl auch

vieles davon abhängen, inwieweit der Mensch bereit ist, die Rothirsche in dieser stark genutzten Umwelt zu tolerieren.

Dank

Wir danken allen Personen, welche in irgendeiner Form zur Realisierung dieser Studie beigetragen haben. Ein besonderer Dank gilt denjenigen, welche uns beim Einfang der Hirsche geholfen haben. Dies sind insbesondere M. Struch und M. Tschan (beide Kanton Solothurn), aber auch N. Marreros und H. Rutishauser (beide ehemals FaunAlpin), Marie-Pierre Ryser-Degiorgis und ihr Team (Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin, Universität Bern), sowie die Wildhüter des Kantons Bern und die Jagdgesellschaften des Kantons Solothurn. Die Studie fand im Rahmen des Projektes «Rothirsch Mittelland» statt, welches durch das BAFU und die Kantone Bern und Solothurn getragen und finanziert wird. Die vorliegende Studie ist eine Zusammenfassung der Abschlussarbeit von S. Hummel im Rahmen des CAS-Kurses Säugetiere – Artenkenntnis, Ökologie & Management an der Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Wädenswil (ZHAW). Gedankt sei daher ebenfalls C. Signer (Forschungsgruppe Wildtiermanagement WILMA), welcher diese Arbeit seitens der ZHAW betreute.

Literaturverzeichnis

- ADRADOS, CH., BALTZINGER, CH., JANEAU, G., PÉPIN, D. (2008): Red deer *Cervus elaphus* resting place characteristics obtained from differential GPS data in a forest habitat. *European Journal of Wildlife Research*, 54(3): 487–494.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) (2013): Eidgenössische Jagdstatistik. <http://www.wild.uzh.ch/jagdst/> (Abgerufen am 01.09.2013).
- BORKOWSKI, J., UKALSKA, J. (2008): Winter habitat use by red and roe deer in pine-dominated forest. *Forest Ecology and Management*, 255: 468–475.
- BROWN, J. R. (1994): Effects of timber management practices on elk. Arizona Game and Fish Department, Technical Report, 10.
- BROOK, R. K. (2010): Habitat selection by parturient elk (*Cervus elaphus*) in agricultural forested landscapes. *Canadian Journal of Zoology*, 88: 968–976.
- BUCHLI, CH. (1983): Äsungsverhalten und Nahrungsbedarf von Reh und Rothirsch. *Bündner Wald*, 36(2): 218–228.
- CATT, D. C., STAINES, B. W. (1987): Home range use and habitat selection by Red Deer (*Cervus elaphus*) in a Sitka Spruce Plantation as Determined by Radio-Tracking. *Journal of Zoology*, 211: 681–693.
- CLUTTON-BROCK, T. H., GUINNESS, F. E., ALBON, S. D. (1982): Red deer. Behavior and ecology of two sexes. *Wildlife behavior and ecology series*. The University of Chicago Press, Chicago.
- CRAWLEY, M. J. (2007): *The R book*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- EDGE, D. W., MARCUM, L. C., OLSON-EDGE, S. L. (1987): Summer habitat selection by elk in Western Montana: A multivariate approach. *Journal of Wildlife Management*, 51(4): 844–851.
- FREHNER, M., WASSER, B., SCHWITTER, R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

- GEBERT, C., VERHEYDEN-TIXIER, H. (2001): Variations of diet composition of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) in Europe. *Mammal Review*, 31(3): 189–201.
- GEHLKER, H. (1977): Eine Hilfstafel zur Schätzung von Deckungsgrad und Artmächtigkeit. *Mitteilung der floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft*, 19/20: 427–429.
- GEORGII, B. (1980): Einflüsse menschlicher Störungen auf Standortwahl und Aktivitätsmuster weiblicher Rothirsche (*Cervus elaphus* L.). *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Freising-Weißenstephan*, 7: 163–168.
- GODVIK, I. M. R., LOE, L. E., VIK, J. O., VEIBERG, V., LANGVATN, R., MYSTERUD, A. (2009): Temporal scales, trade-offs, and functional responses in red deer habitat selection. *Ecology*, 90(3): 699–710.
- KAMLER, J. F., JEDRZEJSKA, B., JEDRZEJSKI, W. (2007): Activity patterns of red deer in Białowieża National Park, Poland. *Journal of Mammalogy*, 88(2): 508–514.
- LECKENBY, D. A. (1984): Elk use and availability of cover and forage habitat components in the Blue Mountains, northeast Oregon 1976–1982. *Wildlife Research Report*, No. 14. Oregon Dep. Fish and Wildlife.
- LFI3 (2004/06): Schweizerisches Landesforstinventar 3, Erschliessungsdichte: Hoch-/Tief lagen – Eigentum – Biogeographische Region, Zustand 2004/06. www.lfi.ch (Abgerufen am 05.09.2013).
- METEOSCHWEIZ (2013): Klima Schweiz: Klimawerte an Stationen. http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz.html (Abgerufen am 04.09.2013).
- MILLSPAUGH, J. J., RAEDEKE, K. J., BRUNDIGE, G. C., WILLMOTT, C. C. (1998): Summer bed sites of elk (*Cervus elaphus*) in the Black Hills, South Dakota: Considerations for thermal cover management. *American Midland Naturalist*, 139(1): 133–140.
- MYSTERUD, A., ØSTBYE, E. (1999): Cover as a habitat element for temperate ungulates: effects on habitat selection and demography. *Wildlife Society Bulletin*, 27(2): 385–394.
- NÁHLIK, A., SÁNDOR, G., TARI, T., KIRÁLY, G. (2009): Space use and activity patterns of red deer in a highly forested and in a patchy forest-agricultural habitat. *Acta Silvatica & Lingaria Hungarica*, 5: 109–118.
- PATTHEY, P. (2003): Habitat and corridor selection of an expanding red deer (*Cervus elaphus*) population. *Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de l'Université de Lausanne*.
- PEEK, J. M., SCOTT, M. D., NELSON, L. J., PIERCE, J. D. (1982): Role of cover in habitat management for big game in Northwestern United States. *North American Wildlife and Natural Resources Conference. Transactions*, 47: 363–373.
- RIGHETTI, A. (2002): Die Zukunft des Rothirsches im Kanton Bern. Stellungnahme erarbeitet im Auftrag des Jägervereins Lauterbrunnen, des Patentjägervereins Seeland und der Pro Natura Bern.
- RIGHETTI, A., HUBER, W. (1983): Ausrottung und Wiedereinwanderung des Rothirsches (*Cervus elaphus* L.) im Kanton Bern (Schweiz). *Revue suisse Zool.* 90(4): 863–870.
- ROWLAND, M. M., WISDOM, M. J., JOHNSON, B. K., KIE, J. G. (2000): Elk distribution and modelling in relation to roads, *Journal of Wildlife Management*. 64(3): 672–684.
- RUHLÉ, CH., JUESY, P. (2006): Rothirschkonzept 2006 des Kantons Bern. Jagdinspektorat, Bern.
- SUTER, W., SUTER, U., KRÜSI, B., SCHÜTZ, M. (2004): Spatial variation of summer diet of red deer *Cervus elaphus* in the eastern Swiss Alps. *Wildlife Biology*, 10(1): 43–50.
- THEUERKAUF, J., ROUYS, S. (2008): Habitat selection by ungulates in relation to predation risk by wolves and humans in the Białowieża Forest, Poland. *Forest Ecology and Management*, 256: 1325–1332.
- WEINDL, S. (2013): Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Pflanzenschutz, Unkrautbekämpfung. <http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/> (Abgerufen am 17.10.2013).
- WILLISCH, CH., BOLDT, A. (2012): Ökologie und Verhalten des Rothirsches im Schweizer Mittelland. *Evaluation Fangsaison 2011–12*. FaunAlpin GmbH, Bern.
- WILLISCH, CH., MAREROS, N., BIERI, K., BOLDT, A. (2011): Rothirschförderung im Jurabogen mittels Übersiedlung an der A1. *Schlussbericht zuhanden des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)*. FaunAlpin GmbH, Bern.
- ZWEIFEL-SCHIELLY, B., KREUZER, M., EWALD, K. C., SUTER, W. (2009): Habitat selection by an Alpine ungulate: the significance of forage characteristics varies with scale and season. *Ecography* 32:103–113.

