

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 157 (2006)

**Heft:** 5

**Artikel:** Schälungen durch den Rothirsch : eine Fallstudie in den Nordostschweizer Voralpen

**Autor:** Rheinberger, Christoph / Suter, Werner

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1097967>

### **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:** 11.04.2026

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

# Schälungen durch den Rothirsch: eine Fallstudie in den Nordostschweizer Voralpen *(reviewed paper)*

CHRISTOPH RHEINBERGER und WERNER SUTER

**Keywords:** Bark stripping; bark peeling; red deer; *Cervus elaphus* L.; spatial patterns; Switzerland. FDK 156.5 : 451.2 : (494.28)

**Abstract:** Schälungen durch Hirsche und andere Säugetiere an Bäumen können nicht nur die spätere Holzqualität, sondern direkt das Überleben des Baums beeinflussen. Grossflächiges Schälen kann damit die Waldfunktion beeinträchtigen. Bisherige Untersuchungen haben keine kohärente Erklärung des Schälverhaltens liefern können, auch wenn Schälungen häufig in nahrungsarmen Forsten mit hohen Huftierdichten auftreten. Die vorliegende Analyse von geschälten Eschenbeständen im St. Galler Rheintal zeigt, dass Schälungen auch dort auftreten können, wo die Habitatqualität für überwinterte Rothirsche als gut gilt.

**Abstract:** Bark stripping by deer and other mammals may not only impair the future quality of wood but also influence tree survival. Large-scale bark stripping can thus impact forest functions such as wood production and protection against natural hazards. As for now, research into causes of bark stripping behaviour has not led to a coherent functional understanding, although the behaviour is more common in artificial stands offering poor forage. The present study of intensive bark stripping in ash stands shows that such behaviour may also occur in deer wintering areas where habitat quality is supposed to be good.

## 1. Einleitung

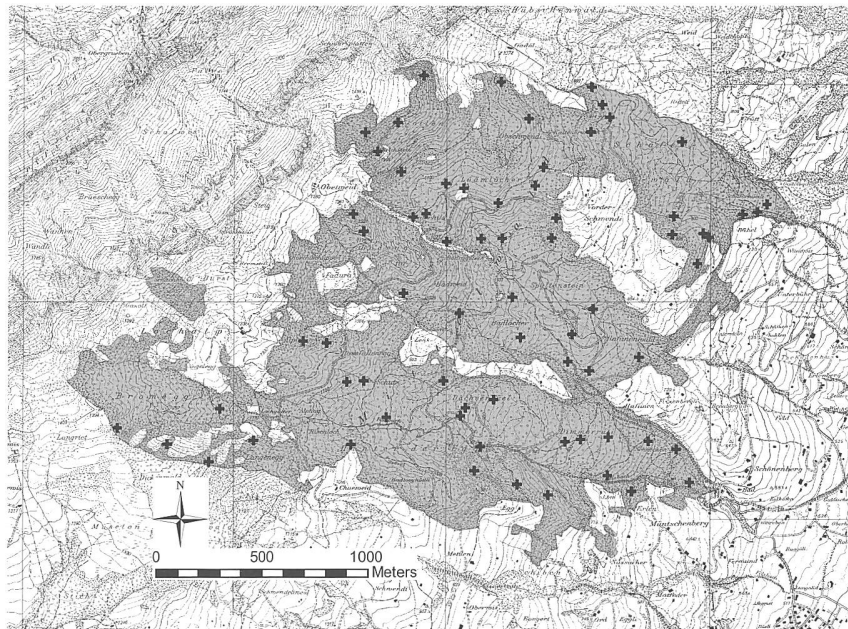
Hirsche und andere Huftiere, aber auch Kleinsäuger sind dafür bekannt, dass sie an lebenden Bäumen streifenartig die Rinde abschälen können. Verletzungen, die dadurch am Baum entstehen, bewirken einen Wachstumsverlust, der vom Verhältnis der Wundgrösse zur Baumgrösse abhängig ist (GILL 1992b). Kleinere Wunden kann ein Baum überwallen, sodass sich der Wachstumsverlust meist auf eine Wachstumsperiode beschränkt. Grössere Wundflächen führen zu einem stärkeren Wachstumsverlust; gleichzeitig nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Pilzinfektion zu. In der Wundfäule liegt denn auch die Hauptgefahr für die Stabilität eines geschälten Baums (GILL 1992b). Durch die Fäule bedingt, gehen Schälungen oft auch mit einer starken ökonomischen Entwertung des Holzes einher (EIBERLE 1978); von Schäl Schäden sollte jedoch nur gesprochen werden, wenn sie in Konkurrenz zur Nutz- oder Schutzfunktion des Waldes stehen (VÖLK & GOSSOW 1997; REIMOSER *et al.* 1999).

Schälungen grösseren Umfangs sind in Mitteleuropa fast ausschliesslich auf den Rothirsch (*Cervus elaphus* L.) zurückzuführen (BINDERNAGEL 1971). Besonders in den waldbaulich stark beeinflussten Fichtenwäldern Deutschlands und Österreichs sind Schälungen weit verbreitet und forstwirtschaftlich bedeutsam (UECKERMANN 1986a). Eine gesamtschweizerische Umfrage aus dem Jahr 1997 (MEIER *et al.* 1998) lässt vermuten, dass Schälungen in der Schweiz weniger häufig sind als in den Nachbarländern. Gemäss dieser Umfrage wurden nur in 13 von 191 erfassten Forstämtern in den letzten Jahren Bestände mit mehr als einem Drittel geschälter Bäume beobachtet. Im Kanton Graubünden waren gemäss einer Untersuchung von BRÄNDLI (1995) weniger als ein Prozent der Bäume (bei einer Kluppschwelle von 12 cm) geschält. Regional gibt es allerdings auch in der Schweiz Gebiete mit hoher Schälbelastung. Im Forstkreis Werdenberg (St. Galler Rheintal) treten seit über 30 Jahren Schälungen auf (ODERMATT & HRIB 1996). Seit 1996 hat hier die Schälhäufigkeit so stark zugenommen, dass der kantonale Forstdienst im Rahmen des Pilotprogramms effor2 «Wald und Wild» mit verschiedenen Massnahmen zur Verhütung experimentierte (SOMMERHALDER & ETTLINGER 2001).

Erfolgreiche Verhütung setzt die Kenntnis der Ursachen des Schälverhaltens voraus. In der Literatur werden verschiedene Gründe genannt (Übersichten bei BINDERNAGEL 1971; UECKERMANN 1986a; TRISL 1998). Bisherige Untersuchungen konnten jedoch keine allgemein gültige, monokausale Erklärung liefern (TRISL 1998). Deshalb ist anzunehmen, dass ein kom-

plexes Zusammenspiel mehrerer Faktoren das Schälen auslöst. Zahlreiche Nahrungsuntersuchungen am Rothirsch (Kotanalysen, Pansenanalysen) haben gezeigt, dass Baumrinde zwar ein weit verbreiteter, quantitativ aber nicht sehr bedeutender Nahrungsbestandteil ist (UECKERMANN 1973; TRISL 1998; GEBERT & VERHEYDEN-TIXIER 2001). Da verschiedene Autoren Unterschiede im Rindenanteil nach Saison und Habitat sowie klare Präferenzen für bestimmte Baumarten fanden, wurde oft angenommen, Schälen sei als Reaktion auf einen Mangel an bestimmten Nährstoffen, Spurenelementen oder auch Wasser (z.B. HARTFIEL 1978) aufzufassen. Insgesamt ergaben sich aber keine überzeugenden Hinweise, dass Rindennahrung bezüglich bestimmter Inhaltsstoffe der übrigen Äsung überlegen wäre (UECKERMANN 1956; UECKERMANN & HARTFIEL 1963; GRONBACH 1964; PHEIFFER 1983; GILL 1992a; ANDO *et al.* 2003). Immerhin zeigten die Untersuchungen von KÖNIG (1968) und REIJNDERS & VAN DE VEEN (1974), dass viele Rinden zur bevorzugten Schälzeit gute Lieferanten von Wasser und gewissen Zuckern sind, und auch ihr Gehalt an bestimmten Spurenelementen (z.B. Kobalt) mag lokal von Bedeutung sein. Zudem scheint ihr Rohfaserreichtum für den Rothirsch als Mischäser dort von Bedeutung zu sein, wo intensive Winterfütterung mit hohem Kraffutteranteil betrieben wird (HARTFIEL 1978; PHEIFFER 1983; GOSSOW 1988). Insgesamt stützen die Untersuchungen aber eher die Hypothese, dass Rinde als Ersatznahrung bei insgesamt unzureichendem Angebot von Gras, Kräutern (z.B. Brombeere), Zwergsträuchern und Baumtrieben dient.

In diese Richtung deuten auch die Ergebnisse von Studien, welche die Schälhäufigkeit in Abhängigkeit zur Habitatqualität analysierten. Zwar ist die Habitatqualität nicht unabhängig von der Rothirschdichte (zum Konzept siehe schon FRETWELL & LUCAS 1970), und bei einer hohen Populationsdichte kann es daher lokal zu erhöhter Schälbelastung kommen (VÖLK 1998a). In grossräumigen Vergleichen für den nördlichen Schwarzwald (MÜLLER 1985), Graubünden (BRÄNDLI 1995) und ganz Österreich (VÖLK 1998a) liess sich aber kein genereller Zusammenhang zwischen Rothirschdichte und Schälbelastung finden. Auch wurde trotz Bestandesreduktionen beim Rothirsch in Österreich während der letzten 20 Jahre keine zufriedene stellende Abnahme von Schälungen beobachtet. Hingegen zeigte sich, dass die Schälbelastung mit zunehmendem Anteil an Fichtenstangenholzern ohne Bodenvegetation zunahm, in bezüglich Struktur und Artenzusammensetzung natürlichen oder naturnahen Wäldern hingegen niedrig war (VÖLK 1999). Besonders in Nadelholzmonokul-



**Abbildung 1:** Übersicht über das Untersuchungsgebiet Mittelwald in der Gemeinde Gams und die Stichprobenverteilung.

Die Stichproben (+) wurden auf folgende Bestandesklassen verteilt: 17 Stichproben in Dickungen (BHD 0 bis 10 cm), 16 Stichproben im Stangenholz (BHD 10 bis 30 cm), zehn Stichproben im Baumholz 1 (BHD 30 bis 40 cm) und 9 Stichproben in stufigen Beständen (grosse BHD-Streuung). Reproduziert mit Bewilligung von Swisstopo (BA057126).

*Figure 1: The study area in the community of Gams and the locations of sample plots.*

*Samples (+) were taken by stand classes as follows: 17 samples in the girth class 0 to 10 cm, 16 samples in the girth class 10 to 30 cm, 10 samples in the girth class 30 to 40 cm, and 9 samples in heterogeneous stands. Reproduced with permission from Swisstopo (BA057126).*

turen häufen sich Schälungen, weil in diesen dunklen Beständen keine Bodenvegetation aufkommt und das Nahrungsangebot damit wesentlich schlechter ist als in Mischbeständen (REIMOSER 1988). Zudem ist anzunehmen, dass auch menschliche Störungen Auswirkungen auf das Schälverhalten haben können, wenn sie den Äsungsrythmus des Hirsches beeinträchtigen und die Aufenthaltsdauer zur Nahrungsaufnahme im Offenland verkürzen (VÖLK & GOSSOW 1997).

Nun scheint aber gerade die Schälensituation im Forstkreis Werdenberg der genannten Interpretation zuwiderzulaufen. Die betroffenen Hangwälder sind alles andere als eintönige Nadelforste, sondern sind reich strukturiert und weisen einen hohen Anteil an Laubbäumen auf. Das Äsungsangebot ist bereits während einiger Jahre durch gezielte Massnahmen wie der Pflanzung von Verbissgehölzen und der regelmässigen Mahd von Freiflächen zusätzlich verbessert worden (TRÜMPLER 1996). Zudem sind Wald und Wiesen reich verzahnt, sodass den Rothirschen zumindest nachts genügend ungestörte Weideflächen zur Verfügung stehen sollten. In diesem Zusammenhang gewinnt eine rein ethologische Erklärung etwas an Gewicht, die das Schälen lediglich als tradierte Gewohnheit (BÜTZLER 2001) sehen will. Ziel der vorliegenden Untersuchung im Rahmen einer Diplomarbeit (RHEINBERGER 2004) war es, räumliche Muster in der Verteilung der Schälungen zu identifizieren und Zusammenhänge mit möglichen Umweltfaktoren zu suchen. Daraus sollten sich in einem späteren Schritt Hypothesen zu den Ursachen des Schälverhaltens der Rothirsche ableiten lassen, um dann gezielte Massnahmen gegen waldbaulich unerwünschte Schälungen in die Wege leiten zu können. Folgende Fragen wurden untersucht:

1. In welchen Merkmalen (Baumart, Alter, bestandessoziologische Stellung) unterscheiden sich geschälte von nicht geschälten Bäumen?
2. Wie hängt die Schälbelastung mit Bestandes- und Standorteigenschaften zusammen?
3. Gibt es Zusammenhänge zwischen der Schälbelastung und der Verteilung anthropogener Strukturen (z.B. Strassen) im Lebensraum der Hirsche?

## 2. Untersuchungsgebiet und Methoden

### 2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet (425 ha; *Abbildung 1*) liegt auf der Westseite des St. Galler Rheintals (748.300-751.660 / 230.800-

233.100) in der Gemeinde Gams und reicht von der Talebene (600 m ü.M.) bis unter die Felsbänder der Kreuzberge (1400 m ü.M.). Gegen Norden wird der Perimeter vom Gadölbach begrenzt, gegen Süden bilden die Siedlungen am Gamserberg die Grenze. Auf dem grössten Teil des Gebietes (360 ha) stockt der Mittelwald, die restlichen 65 ha sind Weiden. Auf Vorder-Schwendi gibt es einige nur zeitweise bewohnte Ferienhäuser. Mit Ausnahme dieser Anrainer findet im Untersuchungsgebiet nur forstwirtschaftlicher und jagdlicher Verkehr statt. Das Gebiet ist aber ein beliebtes Naherholungsziel und wird in der schneefreien Zeit stark frequentiert. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge liegt bei etwa 1300 mm/Jahr und die Jahresmitteltemperatur bei 8 °C (abgeleitet aus Daten von Meteo Schweiz für nahe Messstationen). Das Untersuchungsgebiet besitzt damit ein typisches Voralpenklima. Die Lage am Fuss der Kreuzberge ist zudem für schneereiche Winter verantwortlich. Durch die Differenzierung in Kuppen- und Muldenlagen sowie die teilweise Vergleyung des Bodens (BODENKARTE DER SCHWEIZ 1984) verfügt das Untersuchungsgebiet über eine hohe Standortvielfalt. Insgesamt finden sich 31 Waldgesellschaften mosaikartig verteilt (WALDSTANDORTSKARTIERUNG DES KANTONS ST. GALLEN 2003). Dabei dominieren in Lagen bis 800 m ü.M. Buchenwaldgesellschaften auf Kuppen, Eschenwaldgesellschaften in Mulden und auf Gleyböden. Ab 800 m ü.M. dominieren Tannen-Buchenwaldgesellschaften.

Der Bestandesaufbau ist durch grosse Störungen während der letzten 20 Jahre stark geprägt (Stürme von 1986 und 1990 sowie Lawinen im Winter 1999). Deshalb beträgt der Flächenanteil von Beständen in den Entwicklungsstufen Dickung und Stangenholz etwa 40 Prozent der gesamten Waldfläche (BESTANDESKARTE 2003). Nach Beobachtungen des Forstdienstes hat sich die Schälbelastung in der Dickungsklasse mit dem Einwachsen der ehemaligen Sturmflächen seit 1995 mehr als verdoppelt. Der Wald im Perimeter wird seit über 20 Jahren vom selben Revierförster betreut, womit aus waldbaulicher Sicht eine einheitliche Behandlung der geschälten Bestände gewährleistet ist. Forstliche Massnahmen zur Vermeidung der Schäl Schäden (Netze, chemischer Schutz) haben bisher nicht den erwünschten Erfolg gebracht.<sup>1</sup>

Nach Beobachtungen des Forstdienstes erfolgen die Schälungen vor allem im Spätwinter. Sichtbeobachtungen schälender Hirsche liegen nur wenige vor und betrafen einzelne junge Stiere. Der Hirschbestand im Untersuchungsgebiet

<sup>1</sup> Persönliche Mitteilung von J. Trümpler.

schwankt saisonal stark und wird im Winter auf durchschnittlich 50 Individuen geschätzt. Die meisten Tiere verbringen den Sommer hingegen in den höheren Lagen des Toggenburgs.<sup>2</sup>

## 2.2 Datenaufnahme

Die Aufnahme der Daten fand vom 10. November bis zum 12. Dezember 2003 im Mittelwald auf 70 Probeflächen statt. Die Verteilung der Stichproben im Untersuchungsgebiet erfolgte in zwei Schritten. Um einen Vergleich mit Aufnahmen des Werdenberger Forstdienstes zu ermöglichen, wurden 18 Stichprobenpunkte in Bestände gelegt, die schon im Rahmen des effor2-Projektes (SOMMERHALDER & ETTLINGER 2001) aufgenommen worden waren. Die übrigen 52 Stichproben wurden anhand der BESTANDESKARTE (2003) dem Flächenverhältnis der Entwicklungsklassen entsprechend über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt (Abbildung 1). Zur Anwendung kam ein konzentrisches Stichprobenverfahren, bei dem eine vorgegebene Anzahl Bäume rings um das Stichprobenzentrum erfasst wurde. Die Kluppschwelle der Aufnahme lag bei einem Brusthöhendurchmesser (BHD) von 3 cm. Um zu vermeiden, dass sich die untersuchten Flächen der einzelnen Stichprobenpunkte zu sehr unterscheiden, wurde die Anzahl der aufgenommenen Bäume pro Stichprobe der Entwicklungsklasse des beprobten Bestandes angepasst. In Dicken (BHD 0 bis 10 cm) und Stangenhölzern (BHD 10 bis 30 cm) wurden je 50 Bäume pro Stichprobe erfasst, im Baumholz 1 (BHD 30 bis 40 cm) und in stufigen Beständen (grosse BHD-Streuung) je 30 Bäume pro Stichprobe. Weil Auswertungen der österreichischen Waldinventur zeigten, dass 97,2% der Schälungen in den Entwicklungsklassen Dichtung bis Baumholz 1 auftraten (VÖLK 1999), wurde auf Stichproben in starken Baumholzbeständen (BHD > 40 cm) verzichtet.

Insgesamt wurden auf den 70 Probeflächen Daten zu 3100 Bäumen und den umgebenden Beständen erhoben (Tabelle 1). Weitere Daten zu den Bestandes- und Standorteigenschaften stammen aus Kartierungen des kantonalen Forstdienstes (JAGDKONZEPT REVIER GAMS 1991) sowie aus den topografischen Landeskarten 1:25000.

## 2.3 Auswertung

Die Auswertung der Stichprobenaufnahmen diente dazu, Muster in der Schälhäufigkeit (prozentualer Anteil der geschälten Bäume am Total einer Stichprobe) in Abhängigkeit folgender Parameter zu identifizieren: Baumart, bestandessociologische Stellung des Baums, Schälintensität (mediane

Schälfläche geschälter Individuen pro Baumart), Entwicklungsstufe (medianer Brusthöhendurchmesser). Da sich die zeitliche Zuordnung einer Stammverletzung nur mit erheblicher Ungenauigkeit angeben lässt (TRISL 1998), wurde der Zeitpunkt einer Schälung nur von Auge geschätzt. Die erhobene Schälhäufigkeit kumuliert daher alle Schälungen, die während der letzten zehn Jahre erfolgt sind.

Mit Hilfe des Kolmogoroff-Smirnov-Tests wurden zunächst alle untersuchten Parameter auf Normalverteilung ihrer Werte geprüft (Signifikanzschranke 0,05). Prozentwerte wurden daraufhin arcsin-transformiert (in den Auswertungen mit *\_AS* gekennzeichnet). Um den Zusammenhang zwischen Bestandes- und Standortattributen und Schälbelastung (Mittelwert der Schälhäufigkeit) zu untersuchen, wurden in einem ersten Schritt alle Parameter einzeln gegen die Schälhäufigkeiten der 70 Stichproben getestet. Da sich bei der Überprüfung der Verteilungsformen für die meisten Parameter keine normal verteilten Werte fanden, wurde für den Vergleich der Stichprobenpunkte der H-Test nach Kruskal & Wallis verwendet. Bei signifikanten Unterschieden in der Verteilung wurde mit dem Rangkorrelationskoeffizient nach Kendall (Kendalls Tau) auf Korrelationen geprüft. In einem zweiten Schritt wurde mit Hilfe einer multiplen, schrittweisen Regression (Signifikanzschranken 0,05 und 0,1) untersucht, mit welchen Parametern die Schälhäufigkeit (transformiertes Schälprozent) am stärksten zusammenhing. Aus den Resultaten der Regressionsanalyse wurde ein einfaches Vorhersage-Modell für besonders schälattraktive Bestände entwickelt.

Dieses Vorhersage-Modell basiert auf einer Selection-Query-Language-Abfrage der BESTANDESKARTE (2003) mit dem Programm ArcView 8.3 (Esri Inc., 2003). Die Abfragekriterien wurden aus den resultierenden Regressionskoeffizienten abgeleitet. Um den Einfluss der einzelnen Regressionskoeffizienten im Vorhersage-Modell mit der entsprechenden Gewichtung wiederzugeben, wurde die Abfrage mit dem stärksten Kriterium begonnen und durch fortlaufendes Hinzufügen (Select from Current Selection) des nächst stärkeren Kriteriums weiter eingeschränkt.

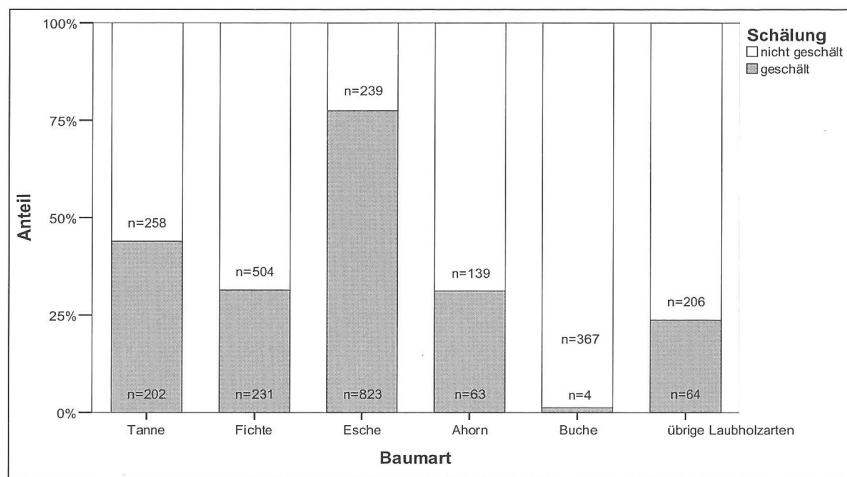
Da anthropogene Strukturelemente im Lebensraum des Rothirsches seine Raumnutzung und damit allenfalls auch die Schälbelastung beeinflussen können, wurde eine Ringpuffer-Analyse (vgl. LIEBIG 2002) durchgeführt, die zeigt, wie sich die Schälbelastung bei zunehmender Distanz zum Strukturelement verändert. Dazu wurden die Strukturelemente Häuser, Hauptverkehrsstrasse nach Schwendi, Forststrassen, Hochsitze

<sup>2</sup> Persönliche Mitteilung von O. Lenherr.

**Tabelle 1:** Zusammenstellung der in den Stichprobenaufnahmen erfassten Bestandeseigenschaften.

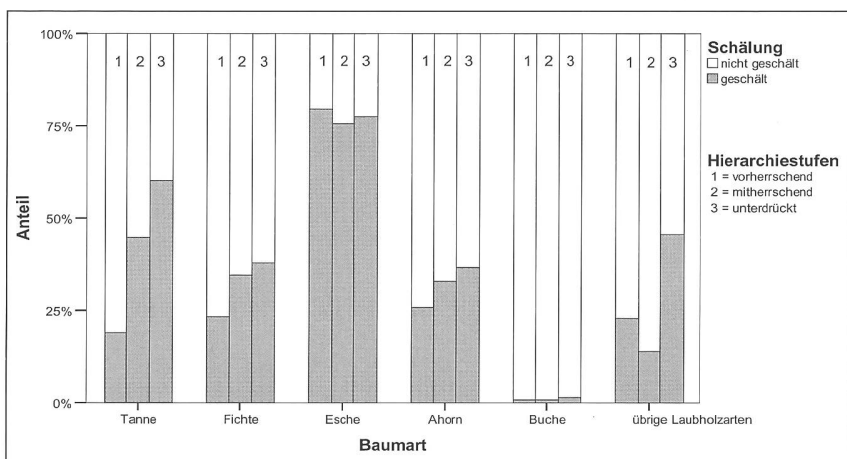
Table 1: Recorded parameters in sampling plots.

Bestandeseigenschaften	Aufnahme
Baumartenmischung	Bestimmung der Arten, Schätzung der Baumartenanteile
BHD	Stammdurchmesser in 130 cm Höhe
Hierarchische Stellung	Klassierung in vorherrschend, mitherrschend, unterdrückt
Schälungen	Ist der Baum geschält?: ja/nein
Schälfläche	Vertikale und horizontale Längen der Schälwunde
Bestandesstruktur	Klassierung in offen, 1-schichtig, 2-schichtig, stufig (mehr als zwei Schichten)
Entwicklungsklasse	Klassierung in: Dichtung, Stangenholz 1, Stangenholz 2, Baumholz 1, Stufige Bestände
Stammzahl	Hochrechnung aus Auszählung auf 25 m <sup>2</sup>
Ober-Brusthöhendurchmesser	∅ BHD aus den stärksten 10% der Bäume
Oberhöhe des Bestands	Schätzung der mittleren Baumhöhe
Entstehung des Bestands	Klassierung in Naturverjüngung, Kultur (> 50% gepflanzt), Beimischung (< 50% gepflanzt)



**Abbildung 2:** Anzahl und Anteil geschälter Stämme nach Baumarten.

Figure 2: Number and percentage of bark-stripped stems per tree species.



**Abbildung 3:** Anteil geschälter Stämme nach bestandessoziologischen Hierarchiestufen und Baumarten.

Die bestandessoziologische Stellung jedes Baums im Bestand wurde eingeteilt in die drei Klassen vorherrschend, mitherrschend, unterdrückt.

Figure 3: Percentage of bark-peeled stems per hierarchy class and species. The status of each tree was classified into predominant, dominant, suppressed.

und Winterfütterungen im Untersuchungsgebiet ausgewählt. Mit Hilfe des Programms ArcView 8.3 wurden um die Objekte des jeweiligen Strukturelements Ring-Puffer mit einer Pufferdistanz (Distanz zwischen den Ringen) von 50 m erzeugt. Damit konnte den 70 Stichprobenpunkten eine Distanz zum jeweiligen Strukturelement zugeordnet und für jeden Puffer die mediane Schälhäufigkeit berechnet werden. Die Strukturelemente wurden dann mit dem H-Test auf signifikante Verteilungsmuster hinsichtlich der Schälbelastung untersucht. Alle statistischen Berechnungen und Grafiken wurden mit dem Programm SPSS 11.5 (SPSS Inc., 2001) erstellt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Merkmale der Schälungsattraktivität für Rothirsche

Innerhalb der 70 Stichproben waren 1387 (44,7%) Bäume geschält und 1713 (55,3%) ungeschält. Um festzustellen, ob der Hirsch bestimmte Baumarten bevorzugt schält, wurden die Aufnahmen getrennt nach Baumarten auf Schälungsmuster untersucht. Unter der Kategorie «übrige Laubholzarten» wurden Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), Grauerle (*Alnus incana* (L.) Moench), Zitterpappel (*Populus tremula* L.), Birke (*Betula pendula* Roth L.), Bergulme (*Ulmus glabra* L.), Kirsche (*Prunus avium* L.), Vogelbeere (*Sorbus aucuparia* L.) und mehrere Weidenarten (*Salix* ssp.) zusammengefasst.

Die einzelnen Baumarten zeigen deutliche Unterschiede in der Häufigkeit von Schälungen (Abbildung 2). Die Esche (*Fraxinus excelsior* L.) wurde mit 77% weitaus am häufigsten geschält, gefolgt von der Weisstanne (*Abies alba* Miller) mit 44% der untersuchten Bäume. Die Schälhäufigkeiten von Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) sowie der Kategorie «übrige Laubholzarten» lagen bei 20 bis

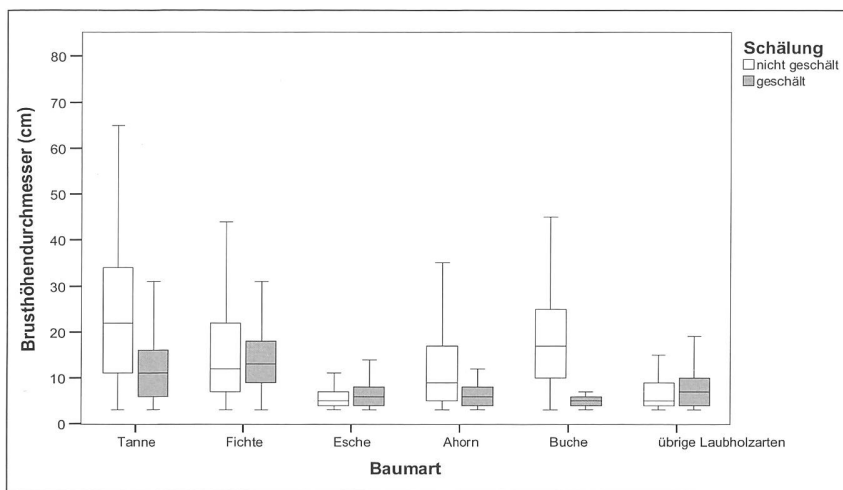
30%. Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) wurde praktisch nicht geschält, weswegen die weiteren Auswertungen für die geschälten Buchen aufgrund der geringen Stichprobe beschränkt aussagekräftig sind. Die Unterteilung der geschälten und nicht geschälten Bäume nach ihrer bestandessoziologischen Stellung zeigt, dass Bäume der Hierarchiestufe «unterdrückt» häufiger, Bäume der Kategorie «vorherrschend» hingegen seltener geschält wurden (Abbildung 3). Diese Beobachtung gilt allerdings nicht für die Esche und die übrigen Laubholzarten. Bei der Esche verteilten sich die Schälungen auf alle drei Hierarchiestufen gleichmässig, während bei den übrigen Laubholzarten auffallend wenig «mitherrschende» Individuen geschält wurden.

Als messbarer Indikator für die Intensität der Schälungen wurde die mediane Schälfläche (Produkt aus Schälänge und Schälbreite) pro Baumart verwendet. An der Esche war die mediane Schälfläche mindestens viermal so gross wie an den übrigen Baumarten (Tabelle 2). Die Schälungen betrafen dabei häufig den ganzen Stammkörper, während bei den anderen Baumarten meistens nur die bergseits gewandte Stammseite geschält wurde. Die Schälwunden an der Esche waren im Median auch um mindesten 70 cm länger als an den übrigen Baumarten, während die Wunden an der Fichte vergleichsweise kurz waren (Tabelle 2). Oft waren die Fichten nur in Augenhöhe des Hirsches geschält (die mediane Untergrenze der Schälwunde lag bei 100 cm, die mediane Obergrenze bei 140 cm). Beim Bergahorn und bei der Buche wurden nur sehr kleinflächige Schälungen beobachtet. Insbesondere fiel bei beiden Baumarten die sehr geringe mediane Schälbreite auf, die den Schluss nahe legt, dass der Hirsch beim Schälens jeweils nur einmal angesetzt hatte. Insgesamt bestand eine signifikante Korrelation (Kendalls Tau = 0,6) zwischen der Schälhäufigkeit und der Schälintensität einer Baumart (vgl. Tabelle 2), d.h. bevorzugte Baumarten wurden häufiger und intensiver geschält.

**Tabelle 2:** Zusammenstellung der prozentualen Schälhäufigkeit sowie der Medianwerte der Schälflächen, Schällängen und Schälbreiten nach Baumarten.

Table 2: Frequency of bark stripping (percentage of stems affected), median surface area, length and breadth of peeled area, by tree species.

Baumart	Schälhäufigkeit (%)	Schälfläche (cm <sup>2</sup> )	Schällänge (cm)	Schälbreite (cm)
Tanne	44	240	40	7
Fichte	31	180	30	7
Esche	77	1414	130	13
Bergahorn	31	80	30	3
Buche	1	55	15	4
übrige Laubholzarten	20	355	60	5
alle Baumarten	45	924	92	10



**Abbildung 4:** Medianer Brusthöhendurchmesser nicht geschälter und geschälter Individuen nach Baumarten.

Figure 4: Median girth of unpeeled and peeled stems per tree species.

Als messbarer Indikator für das Entwicklungsalter eines Baumes wurde der mediane Brusthöhendurchmesser verwendet. Dieser lag bei den geschälten Bäumen aller Arten deutlich unter 20 cm (Abbildung 4). Die meisten Bäume befanden sich zum Zeitpunkt des Schälens also in den Entwicklungsstufen Dichtung oder Stangenholz 1. Die medianen Brusthöhendurchmesser geschälter Tannen (11 cm) und Fichten (13 cm) waren deutlich dicker als diejenigen der Laubbaumarten (5 bis 7 cm). Die Nadelbaumarten wurden also in einer späteren Phase der Entwicklung geschält als die Laubbaumarten. Geschälte Tannen und Fichten wiesen Höchstwerte im Brusthöhendurchmesser von über 30 cm auf, während die Höchstwerte bei den geschälten Laubbäumen unter 20 cm lagen (Abbildung 4). Folglich blieben Nadelbäume bis in die Entwicklungsstufe Baumholz 1 schälattraktiv, während Laubbäume schon in der Entwicklungsstufe Stangenholz 2 nur noch ausnahmsweise geschält wurden. Zwischen geschälten und nicht geschälten Bäumen gab es vor allem bei der Tanne und bei der Buche, abgeschwächt auch beim Bergahorn signifikante Unterschiede (Abbildung 4). Dabei hatten die geschälten Bäume einen viel geringeren medianen Brusthöhendurchmesser.

### 3.2 Einfluss der Bestandes- und Standortseigenschaften auf die Schälbelastung

Zur Bestimmung ihres Einflusses auf die Schälhäufigkeit wurden die Bestandes- und Standortparameter in einem ersten Schritt jeweils einzeln gegen den Anteil geschälter Bäume getestet. Dabei zeigte sich, dass mehrere Merkmale signifikanten Einfluss auf die Verteilung der Schälhäufigkeit ausüben (Tabelle 3). Bei der Baumartenzusammensetzung hatten der Bestandesanteil der Esche (positiv korrelierend) und der Buche (negativ korrelierend) signifikante Auswirkungen auf die Schälhäufigkeit. Daraus lässt sich schliessen, dass der Anteil

geschälter Bäume in einem Bestand umso höher ist, je mehr Eschen und je weniger Buchen dort wachsen. Die vom Bestandesalter abhängigen Merkmale Entwicklungsklasse, Struktur, Stammzahl und Oberhöhe zeigten alle signifikante Korrelationen mit der Schälhäufigkeit (Tabelle 3). Der Anteil geschälter Bäume nahm also mit zunehmendem Entwicklungsalter des Bestands ab (Abbildung 5).

Von den Standortparametern wies nur die Höhenlage signifikante Unterschiede in der Verteilung der Schälanteile auf (Tabelle 3). In den höheren Lagen des Untersuchungsgebietes (1100 bis 1400 m ü.M.) wurden deutlich tiefere Schälanteile gefunden als in den tieferen Lagen (Abbildung 6).

Um einen Einfluss des Einflusses auf die Schälhäufigkeit zu ermöglichen und um Scheinkorrelationen auszuschliessen, wurde eine multiple Regressionsanalyse mit den Bestandes- und Standortparametern als unabhängige Variablen durchgeführt. Das resultierende Modell erklärt die Schälhäufigkeit als Funktion der Bestandesanteile von Esche, Buche und «übrigen Laubholzarten» sowie der Entwicklungsklasse (Tabelle 4) und verfügt über ein Bestimmtheitsmass ( $R^2$ ) von 0,73. Die Residuen zeigen eine starke Annäherung an die Normalverteilung.

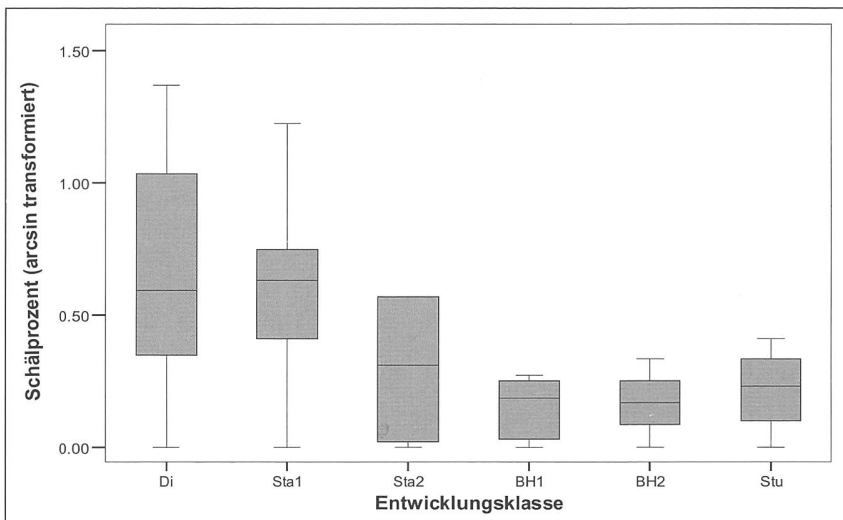
### 3.3 Vorhersage-Modell

Das Regressionsmodell (Tabelle 4) diente als Grundlage für ein einfaches, auf Geoinformationen basierendes Vorhersage-Modell. Zur Erstellung dieses Modells wurden aus den Regressionskoeffizienten die Kriterien für eine SQL-Abfrage der Bestandeskartierung abgeleitet. Unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen wählt das Modell diejenigen Bestände aus, denen es eine hohe Schälbelastung vorhersagt (Abbildung 7). Zu beachten ist dabei, dass die Aussagekraft des Modells nicht nur durch den Anteil der residualen Streuung (0,27), sondern auch durch die Kartierungsgenauigkeit der Bestan-

**Tabelle 3:** Testresultate des Einflusses (H-Test nach Kruskal & Wallis) sowie der Einflussstärke und -richtung (Kendalls Tau) einzelner Bestandes- und Standorteigenschaften (AS: arcsin-transformiert) auf die Schälhäufigkeit; signifikante Testresultate ( $P < 0,05$ ) sind fett hervorgehoben.

Table 3: Test results of the association (H-test by Kruskal & Wallis, Kendall's Tau; see Methods) of single stand and site parameters (AS: arcsin-transformed) with the frequency of bark stripping; significant results ( $P < 0,05$ ) are highlighted.

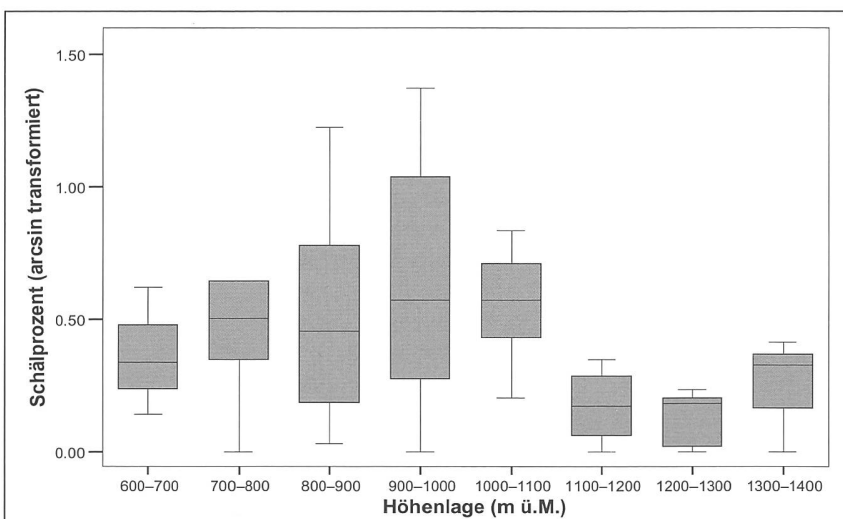
Variablen	P-Wert	Tau	Signifikanzniveau der Korrelation
Tannenanteil_AS	0,301	–	ns
Fichtenanteil_AS	0,218	–	ns
<b>Eschenanteil_AS</b>	<b>0,000</b>	<b>0,572</b>	<b>***</b>
Bergahornanteil_AS	0,297	–	ns
<b>Buchenanteil_AS</b>	<b>0,002</b>	<b>0,483</b>	<b>**</b>
Anteil übrige LBH_AS	0,061	0,194	ns
Grösse	0,143	–	ns
<b>Entwicklungsstufe</b>	<b>0,000</b>	<b>0,390</b>	<b>***</b>
<b>Struktur</b>	<b>0,006</b>	<b>0,289</b>	<b>**</b>
<b>Stammzahl_Log10</b>	<b>0,004</b>	<b>0,275</b>	<b>**</b>
OberBHD	0,083	–	ns
<b>Oberhöhe</b>	<b>0,000</b>	<b>0,320</b>	<b>***</b>
Exposition	0,185	–	ns
Neigung	0,618	–	ns
<b>Höhenlage</b>	<b>0,038</b>	<b>0,184</b>	<b>*</b>
Waldtyp	0,060	–	ns



**Abbildung 5:** Altersabhängige Abnahme der medianen Schälhäufigkeit, dargestellt am Beispiel der Entwicklungsstufen.

Dickung = BHD 0 bis 10 cm; Stangenholz 1 = BHD 10 bis 20 cm; Stangenholz 2 = BHD 20 bis 30 cm; Baumholz 1 = BHD 30 bis 40 cm; stufige Bestände = grosse BHD-Streuung.

Figure 5: Decrease in median frequency of bark stripping by girth class (dbh of 0 to 10 cm; dbh of 10 to 20 cm; dbh of 20 to 30 cm; dbh of 30 to 40 cm; heterogeneous stands with variable dbh).



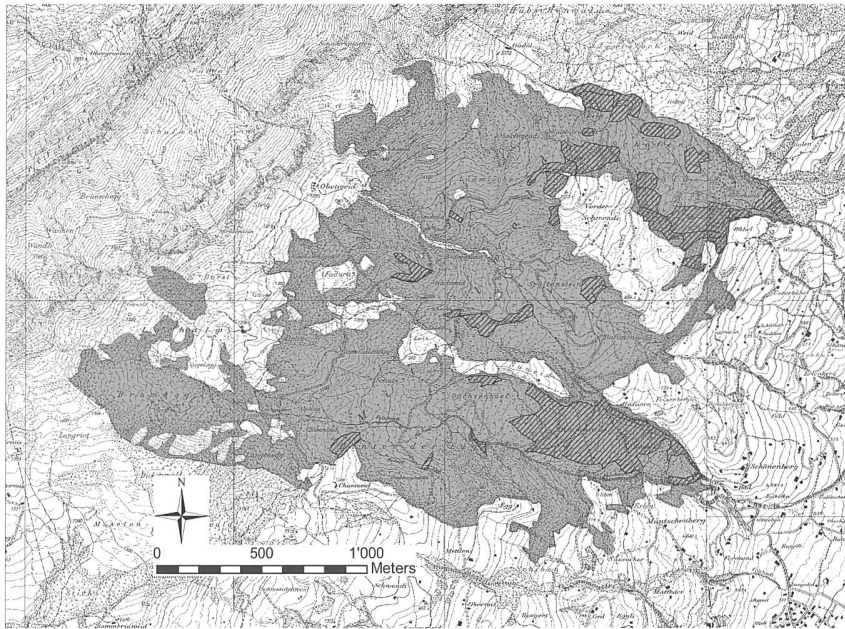
**Abbildung 6:** Mediane Schälhäufigkeit in Abhängigkeit von der Höhenlage.

Figure 6: Median frequency of bark-stripping in relation to altitude.

**Tabelle 4:** Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse; abhängige Variable ist das transformierte Schälprozent\_AS.

**Table 4:** Linear regression model (OLS); dependent variable is the arcsin-transformed percentage of stripped stems.

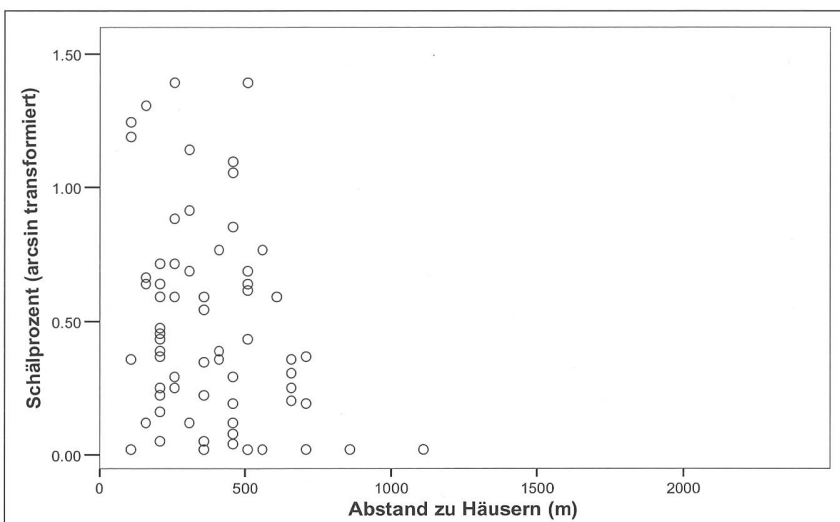
Erklärende Variablen	Nicht standardisierte Koeffizienten	Standardisierte Koeffizienten	Signifikanz
(Konstante)	0,504		0,000
Eschenanteil_AS	0,397	0,588	0,000
Buchenanteil_AS	0,282	0,228	0,002
Anteil übrige Lbh_AS	0,299	0,235	0,001
Entwicklungsklasse	0,042	0,199	0,014



**Abbildung 7:** Vorhersage-Modell für Bestände mit erwartet hoher Schälbelastung (hervorgehoben).

Resultat einer SQL-Abfrage (Select from Current Selection) mit den Kriterien: Eschenanteil  $\geq 40\%$ , Anteil übrige Laubhölzer  $\leq 20\%$ , Buchenanteil  $\leq 20\%$ , Entwicklungs-klassen = Dichtung oder Stangenholz. Reproduziert mit Bewilligung von Swisstopo (BA057126).

Figure 7: Predictive model for stands with a high percentage of bark-stripped stems; result of a SQL-query («Select from Current Selection») with following criteria: proportion of ash  $\geq 40\%$ , proportion of other deciduous trees  $\leq 20\%$ , proportion of beech  $\leq 20\%$ , girth class = 0–10 cm or 10–30 cm. Reproduced with permission from Swisstopo (BA057126).



**Abbildung 8:** Schälbelastung in Abhängigkeit der Entfernung der Stichprobenfläche von den nächsten Häusern.

Die mit dem H-Test errechnete Wahrscheinlichkeit  $P = 0,180$  zeigt keinen signifikanten Zusammenhang.

Figure 8: Frequency of bark stripping in relation to the distance to the closest buildings; no significant association was found (H-Test,  $P = 0,180$ ).

deskarte bestimmt wird. Diese Genauigkeit nimmt erfahrungsgemäss mit zunehmender Bestandesgrösse ab. Sowohl die univariaten Auswertungen der Tannen- und Fichtenanteile (vgl. Tabelle 3) als auch das Regressionsmodell haben gezeigt, dass sich in geschälten Nadelholzbeständen keine deutlichen Schälungsmuster finden lassen. Damit ist das Vorhersage-Modell für diese Bestände ungeeignet.

### 3.4 Einfluss anthropogener Strukturelemente im Lebensraum des Rotwildes auf die Schälbelastung

Die Analyse der Ringpuffer ergab für die untersuchten Strukturelemente keinen signifikanten Zusammenhang ( $p < 0,05$ ) zwischen der Schälbelastung und der Entfernung zum jeweils nächstgelegenen Strukturelement. Das heisst, dass die Entfer-

nung eines Stichprobenpunktes z.B. zum nächstgelegenen Haus (Abbildung 8) nicht als möglicher Einflussfaktor auf die festgestellte Schälbelastung am Probenpunkt betrachtet werden kann. Allgemein nahm die Schälbelastung zwar bei allen Probenpunkten mit zunehmender Entfernung zu den Strukturelementen (ausgenommen den Forststrassen) tendenziell ab, doch ergaben sich wegen der starken Streuung keine signifikanten Korrelationen.

## 4. Diskussion

### 4.1 Schälungen am Einzelbaum

Im Vergleich mit der absoluten Schälhäufigkeit in den österreichischen Wäldern (8%, nach VÖLK 1999) ergibt die Auswer-

**Table 5:** Aus den Stichprobenaufnahmen abgeleitete Schälbevorzugungsreihe im Vergleich mit Schälbevorzugungsreihen aus der Literatur.

Table 5: Comparison of bark stripping preferences derived from own and published results.

Schälbevorzugungsreihe	Quelle
Esche > Tanne > Fichte > Bergahorn > übrige Laubholzarten > Buche	Resultat der Stichprobenauswertung
Fichte > Esche > Buche > Tanne > Ahorn > übrige Laubholzarten	UECKERMANN 1986b
Esche > Fichte > Tanne > Buche	Dauster zitiert in GRONBACH 1964
Fichte > Buche > Tanne	Heuell zitiert in GRONBACH 1964
Fichte > Esche > Tanne > Buche	Raesfeld-Vorreyer zitiert in GRONBACH 1964

tung der Stichproben eine ausserordentlich hohe kumulierte Schälhäufigkeit (45%) für das Untersuchungsgebiet, d.h. in schälgefährdeten Beständen sind im Durchschnitt fast die Hälfte der Bäume geschält. Dieser hohe Wert ist auf drei Gründe zurückzuführen: Erstens drückt die kumulierte Schälhäufigkeit alle erkennbaren Schälungen aus, die während etwa der letzten zehn Jahre erfolgt sind. Berücksichtigt man nur Schälungen, deren Entstehung auf den Winter 2002/2003 taxiert wurde, so lag das Schälprozent bei 14%. Zweitens wurden in Starkholzbeständen keine Stichproben aufgenommen. Die gefundene Schälhäufigkeit ist daher nicht für die gesamte Waldfläche, sondern nur für schälgefährdete Bestände aussagekräftig. Drittens lagen einige Stichprobenpunkte in Beständen mit einem kumulierten Schälprozent von über 80. Da der Medianwert der kumulierten Schälhäufigkeit bei nur 38% liegt, erhöhen diese Extremwerte die Schälhäufigkeit deutlich. Bei der Interpretation der Resultate gilt es daher zu beachten, dass die Untersuchung in einem lokal begrenzten Gebiet mit extremer Schälbelastung durchgeführt wurde, in dem es während der letzten zehn Jahre grosse Jungwaldflächen und damit ein grosses Angebot an Bäumen in schälfähigen Entwicklungsstufen gab. Aus diesen Gründen soll die aus der Stichprobenauswertung abgeleitete Schälhäufigkeit nicht mit grossräumigen Untersuchungen verglichen werden. Die Auswertung der Schälhäufigkeit lässt aber Schlüsse auf die lokale Schälattraktivität einzelner Baumarten zu.

Vergleicht man die Schälattraktivität der Baumarten aus dieser Untersuchung mit den Rangfolgen aus der Literatur, so fallen Unterschiede in der Bevorzugung einzelner Baumarten auf. Laut GRONBACH (1964) hängt die Schälattraktivität einer Baumart unter anderem von ihrer absoluten Häufigkeit im Bestand ab. So stieg die Schälattraktivität einer Baumart in einem Bestand ab einem Mischungsanteil von 40% an, während sie bei einem Mischungsanteil von unter 15% sank (Ueckermann zitiert in BINDERNAGEL 1971). Auch in unserem Untersuchungsgebiet war die starke Bevorzugung der Esche offenbar auf ihre Häufigkeit zurückzuführen, da sich ebenfalls eine deutliche Korrelation zwischen Eschenanteil und Schälprozent (*Abbildung 2*) fand. Auf den vergleyten Böden in den unteren bis mittleren Höhenlagen des St. Galler Rheintals dominiert die Esche natürlicherweise die Bestände (FREHNER 2003). Daneben dürfte die Schälattraktivität der Esche durch den vergleichsweise hohen Zuckergehalt der Eschenrinde verstärkt werden (GRONBACH 1964).

Die Tanne scheint regional unterschiedlich stark geschält zu werden (vgl. *Table 5*). Im Untersuchungsgebiet wird die Tanne relativ häufig geschält, sowohl in der Unterschicht von Altholzbeständen als auch im Hauptbestand. Die hohe Schälhäufigkeit lässt sich daher zum Teil auf die Schattentoleranz junger Tannen zurückführen, die unter Schirm nur langsam

wachsen und in nahrungsarmen Altholzbeständen besonders exponiert sind. Während in den meisten Rangfolgen die Fichte als am häufigsten geschälte Baumart bezeichnet wird, ist sie in dieser Untersuchung nur dritte Präferenz. Im Untersuchungsgebiet gibt es nur einen geringen Anteil an grossflächigen Fichtenreinbeständen, die nach VÖLK (1998a) ein deutlich erhöhtes Schälrisiko aufweisen. In der Nähe des Untersuchungsgebiets vorhandene Fichtenreinbestände weisen jedoch zum Teil massive Schälungen auf oder sind noch nicht im bevorzugten Schälalter.<sup>3</sup> Die Buche wird im Untersuchungsgebiet nur sehr vereinzelt geschält. Buchenrinde ist im Winter sehr trocken und nur mit grosser Kraft ablösbar (TRISL 1998). Schälungen an der Buche werden daher praktisch nur im Sommer beobachtet (UECKERMANN 1986b), zu einer Zeit, in welcher sich im Untersuchungsgebiet kaum Hirsche aufhalten und das alternative Nahrungsangebot sehr gross ist.

Welcher direkte Einfluss der bestandesoziologischen Stellung zukommt, ist nicht ganz klar. Denn obwohl die Auswertung deutliche Unterschiede zwischen den Hierarchiestufen zeigt (*Abbildung 3*), ist denkbar, dass die Stellung eines Baumes durch eine zurückliegende Schälung beeinflusst wird. Damit stellt sich die Frage, ob der Hirsch wirklich häufiger unterdrückte Bäume schält oder ob diese Bäume durch die Schälungen insoweit an Konkurrenzkraft eingebüsst haben, dass sie in der Bestandeshierarchie zurückgefallen sind. Bei den Feldaufnahmen konnten Hinweise für beide Erklärungsvarianten gefunden werden.

Die Schälattraktivität einer Baumart kann neben der Schälhäufigkeit auch durch die Intensität der Schälungen ausgedrückt werden. Der Vergleich zwischen den Baumarten zeigt, dass Schälhäufigkeit und Schälintensität korrelieren. Nur die Kategorie «übrige Laubhölzer» zeigt trotz geringer Schälhäufigkeit eine relativ hohe Schälintensität. Diese Abweichung lässt sich auf die methodisch bedingte Zusammenfassung der Baumarten sowie die geringe Anzahl geschälter Bäume zurückführen. Während einige Baumarten nämlich nur schwach geschält wurden, wies die Schwarzerle grossflächige Schälungen auf. Da diese Abweichung auf wenige Individuen zurückzuführen ist, wurde sie bei der Bildung einer so genannten Schälbevorzugungsreihe vernachlässigt (*Table 5*).

Neben der Baumart hatte die Entwicklungsstufe eines Baumes wesentlichen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit einer Schälung. Es zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den untersuchten Laub- und Nadelbäumen. Dabei wurden Laubbäume vom Hirsch in einem früheren Entwicklungsalter geschält als Fichten und Tannen, die aber während eines längeren Zeitraums schälgefährdet blieben (*Abbildung 4*). Diese Beobachtungen decken sich mit Einschätzungen von UECKERMANN (1981), der für die Esche eine Schälgefährdung zwischen 6 und 35 Jahren, für die Fichte zwischen zehn und 45 Jahren annahm. Der Grund für den längeren Gefährdungszeitraum der Nadelhölzer könnte im anatomischen Aufbau der Borke liegen. Tanne und Fichte bilden nämlich eine schuppige Borke mit geringem Faseranteil aus, die sich leichter vom Stamm ablösen lässt als die netzartige, faserreiche Borke der Esche (WAGENFÜHR 1984). Ob diese Unterschiede in der Struktur der Borke einen Einfluss auf die Schälungswahrscheinlichkeit hatte, konnte in unserer Untersuchung allerdings nicht festgestellt werden.

#### 4.2 Schälungen im Bestand

Die Auswertung der Bestandes- und Standorteigenschaften zeigte, dass die gefundenen Muster auf Einzelbaumbene auch bei Betrachtung des Bestands die deutlichste Auswir-

<sup>3</sup> Persönliche Mitteilung von O. Lenherr.

kung auf die Schälbelastung hatten. Als wichtigste Einflussfaktoren auf Bestandesebene erwiesen sich die Baumartenmischung und die Entwicklungsklasse (vgl. *Tabelle 3*). Die stärksten Korrelationen zur Schälbelastung zeigten der Eschenanteil (positiv korrelierend) und der Buchenanteil (negativ korrelierend). Während die Esche auf lehmreichen, vergleyten Flyschböden ihr ökologisches Optimum findet, verträgt die Buche die Staunässe auf diesen Standorten nicht (KÖLLING & WALENTOWSKI 2002). Die Prüfung der Waldgesellschaften ergab allerdings keinen signifikanten Einfluss des Standortes auf die Verteilung der Schälhäufigkeit (*Tabelle 3*), sodass ein Zusammenhang zwischen dem Bodentyp Flysch und einer erhöhten Schälbelastung offen bleiben muss (vgl. VÖLK 1998b). Neben der Zusammensetzung der Baumarten hatte die Entwicklungsstufe eines Bestands signifikanten Einfluss auf den Anteil geschälter Bäume. Alle entwicklungsabhängigen Merkmale wiesen darauf hin, dass die Schälgefährdung mit zunehmenden Durchmesserdimensionen abnimmt (*Tabelle 3*), was wohl auf rindenphysiologische Veränderungen zurückzuführen ist. Baumrinde verliert mit zunehmendem Alter an organischen Substanzen (GRONBACH 1964), während der Rohfaseranteil in der Rinde zunimmt und die Verborkung fördert (vgl. WAGENFÜHR 1984). Das Schälen wird also mit zunehmendem Alter eines Baumes durch die veränderte Rindenzusammensetzung mechanisch erschwert und ist im Hinblick auf die Nährstoffe weniger lohnend.

Von den getesteten Standorteigenschaften wies nur die Höhenlage einen Einfluss auf die Schälhäufigkeit auf. Es ist allerdings unsicher, ob dieser Einfluss auf höhenbedingte Unterschiede etwa durch Schneehöhe und Temperatur zurückzuführen oder eher durch die Veränderung in der Zusammensetzung der Baumarten zu erklären ist. Für eine höhenbedingte Abnahme der Schälhäufigkeit wegen einer allfällig zunehmenden Verborkung der Rinde (MÜLLER 1985) ergaben sich im Untersuchungsgebiet keine optischen Hinweise. Offenbar wurden die Rothirsche beim Schälen weniger durch den Standort als durch das Angebot bevorzugter Bäume beeinflusst. Diese Folgerung wurde durch das multiple Regressionsmodell gestützt, in welchem als erklärende Variablen nur Bestandeseigenschaften übrig blieben, jedoch keine Standorteigenschaften.

### 4.3 Einfluss von räumlichen Strukturelementen auf das Schälverhalten

Schälungen treten oft gehäuft im Nahbereich (100 m) von Fütterungen, Bestandesrändern, Äsungsflächen, Forststrassen und Wanderwegen auf (GOSSOW 1988; BÜTZLER 2001). Sie nehmen in der Regel mit zunehmender Entfernung ab, können in grösserer Entfernung aber neue Spitzenwerte aufweisen. Der Abfall der Schälbelastung mit zunehmender Entfernung zu räumlichen Strukturelementen (Häuser, Schwendistrasse) konnte in dieser Untersuchung weder bestätigt noch verworfen werden. Wegen der grossen Streubreite liessen sich keine signifikanten Muster erkennen. Zudem waren die Stichproben bezüglich des Abstands zu den Strukturelementen nicht normal verteilt, sondern nahmen mit zunehmendem Abstand zum untersuchten Objekt stärker ab. Daneben wirkten sich bei der Ringpuffer-Analyse Bestandes- und Standorteigenschaften ebenfalls aus, beispielsweise indem für einen Stichprobenpunkt mit zunehmendem Abstand von einem Strukturelement (z.B. Häuser, Strasse) die Wahrscheinlichkeit stieg, in grösserer Höhe mit geringerer Schälbelastung zu liegen. Die Abnahme der Schälintensität hing damit stärker von der Höhenlage als von der zunehmenden Entfernung zum untersuchten Strukturelement ab. Allenfalls hätte man erwarten können, dass die Schälbelastung aufgrund der von Strassen und Siedlungselementen ausgehenden Störwirkung in deren

Nähe grösser wäre. Diese Störungen sind aber vor allem in den Wintermonaten relativ klein und punktuell. Hinzu kommt, dass sich Rothirsche an einzelne Störquellen gewöhnen können (VÖLK & GOSSOW 1997) und nächtliche Nahrungssuche in unmittelbarer Nachbarschaft von landwirtschaftlichen Gebäuden nichts Ungewöhnliches ist (ZWEIFEL-SCHIELLY 2005).

Die höhere Bedeutung forstlicher Einflussfaktoren wie Baumartenzusammensetzung und Entwicklungsklasse gegenüber Standort und Raumstrukturen auf das Ausmass von Schälungen wird auch von VÖLK (1999) hervorgehoben. Die gefundenen Muster in der räumlichen Verteilung der Schälungen bedeuten damit für die Forstpraxis, dass die Bestandeskartierung ein geeignetes Hilfsmittel zur Bestimmung besonders schälanfälliger Bestände sein kann. Auf die eingangs geäußerte Frage nach der Funktion des Schälens gibt die vorliegende Musteranalyse allerdings noch keine Antwort. Hierzu sind Untersuchungen am Rothirsch selber notwendig.

## Zusammenfassung

Der Beitrag analysiert anhand von Stichprobenaufnahmen in einem Untersuchungsgebiet in der Rheintaler Gemeinde Gams SG die räumliche Verteilung von Schälungen durch den Rothirsch (*Cervus elaphus* L.). Die Resultate zeigen, dass die Häufigkeit von Schälungen im Untersuchungsgebiet massgeblich von der Baumartenzusammensetzung und vom Entwicklungsalter eines Bestands abhängt, während Standorteigenschaften als auch anthropogene Strukturen wie Strassen und Gebäude keinen nachweisbaren Einfluss haben. Bäume in den Entwicklungsklassen Dichtung bis Stangenholz mit einem hohen Anteil (> 50%) an Eschen (*Fraxinus excelsior* L.) und einem niedrigen Anteil (< 20%) an Buchen (*Fagus sylvatica* L.) kennzeichnen die Bestände mit hoher Schälintensität.

## Résumé

### Des dégâts d'écorçage au cerf rouge: une étude de cas dans le nord-est des Préalpes suisses

Cette étude réalisée dans la commune de Gams SG, dans la vallée du Rhin, analyse au moyen d'un échantillonnage la répartition spatiale des dégâts d'écorçage du cerf (*Cervus elaphus* L.). Les résultats démontrent que la fréquence des dégâts dans la région d'étude dépend principalement de la texture et du stade de développement du peuplement. Les conditions de station ainsi que la présence de structures anthropiques comme des routes ou des bâtiments n'ont en revanche aucune influence. Les peuplements particulièrement endommagés appartiennent en majorité aux stades du fourré et du perchis avec une présence importante (> 50%) de frênes (*Fraxinus excelsior* L.) et moindre (< 20%) de hêtres (*Fagus sylvatica* L.).

Traduction: STÉPHANE SCIACCA

## Summary

### Bark stripping by red deer: a case study in the Pre-Alps of northeastern Switzerland

We analysed the spatial pattern of bark stripping by red deer (*Cervus elaphus* L.) in a wintering area in the northeastern Pre-Alps near Gams, Canton of St. Gallen. Data were collected on 3100 trees within 70 sample plots. We found the frequency of bark stripping to strongly depend on tree species composition and stand age (i.e., preferred stem dbh of 5 to 15 cm), whereas no significant association with parameters denoting topography and distance to anthropogenic structures such as buildings and roads could be found. Stands with high incidence of bark stripping had large (> 50%) proportions of ash (*Fraxinus excelsior* L.) and low (< 20%) proportions of beech (*Fagus sylvatica* L.).

## Literatur

- ANDO, M.; YOKOTA, H.-M.; SHIBATA, E. 2003: Bark stripping preference of sika deer, *Cervus nippon*, in terms of bark chemical contents. *Forest Ecology and Management* 177: 323331.
- BESTANDESKARTE 2003: Hrsg. vom Kantonsforstamt St. Gallen.
- BINDERNAGEL, H.J. 1971: Ursache und Bekämpfung der durch Rotwild (*Cervus elaphus*) verursachten Schäl- und Verbissschäden. Dissertation, Tierärztliche Universität Hannover. 83 S.
- BODENKARTE DER SCHWEIZ 1984: Böden, Karte 1:500 000. Atlas der Schweiz, Blatt 7a. Hrsg. vom Bundesamt für Landestopographie, Swisstopo, Wabern.
- BRÄNDLI, U.-B. 1995: Zur Verjüngungs- und Wildschadensituation im Gebirgswald der Schweiz. Regionale Ergebnisse des ersten Landesforstinventars (LFI), 1983/85. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 146, 5: 355–378.
- BÜTZLER, W. 2001: Rotwild – Biologie, Verhalten, Umwelt, Hege. BLV-Verlag. München, Wien, Zürich. 5. Auflage. 256 S.
- EIBERLE, K. 1978: Waldbauliche Kriterien zur Beurteilung von Schälchäden. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 129, 6: 520–532.
- FREHNER, M. 2003: Die Waldstandorte und ihre Merkmale – Von den verschiedenen Pflanzengesellschaften in den Werdenberger Wäldern. In: Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg (Hrsg.): *Werdenberger Jahrbuch* 2003, 16. Jahrgang. Verlag Buchs Medien. Buchs SG: 78–87.
- FRETWELL, S.D.; LUCAS, H.L. 1970: On territorial behaviour and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica* 19: 16–36.
- GEBERT, C.; VERHEYDEN-TIXIER, H. 2001: Variations in diet composition of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) in Europe. *Mammal Review* 31: 189–201.
- GILL, R.M.A. 1992a: A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests: 1. Deer. *Forestry* 65: 145–169.
- GILL, R.M.A. 1992b: A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests: 3. Impact on Trees and Forests. *Forestry* 65: 363–388.
- GOSSOW, H. 1988: Fütterungsstandorte und Rotwildschäden. *Österreichische Forstzeitung* 99: 53–54.
- GRONBACH, G. 1964: Die Gehalte der Rinden verschiedener Baumarten an organischen Substanzen (zur Frage des Schälens durch Rotwild). Dissertation, Landwirtschaftliche Hochschule Hohenheim. 81 S.
- HARTFIEL, W. 1978: Strukturierte Silage als Alleinfutter für wiederkäuendes Schalenwild. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 24: 155–166.
- JAGDKONZEPT REVIER GAMS 1991: Hrsg. vom Kantonsforstamt St. Gallen.
- KÖLLING, C.; WALENTOWSKI, H. 2002: Die Rolle der Esche (*Fraxinus excelsior*) in einheimischen Waldgesellschaften. In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Freising (Hrsg.): *Beiträge zur Esche – Berichte aus der bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*, Bd. 34: 6–20.
- KÖNIG, E. 1968: Der Einfluss des jahresperiodischen Verlaufs des Wasser- und Zuckergehaltes einiger Baumrinden auf das Schälens durch Rotwild (*Cervus elaphus* L.). *Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg* 27: 1–107.
- LANDESKARTE DER SCHWEIZ 2002: 1:25 000. Hrsg. vom Bundesamt für Landestopographie, Swisstopo, Wabern.
- LIEBIG, W. 2002: ArcGIS – ArcView 8: Das Buch für den Anwender. Points-Verlag. Norden, Halmstad. 419 S. mit Anhang.
- MEIER, F.; ENGESSER, R.; FORSTER, B.; ODERMATT, O. 1998: Forstschutz-Überblick 1997, PBMD-Bulletin 1998. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft Birmensdorf: 3–5.
- MÜLLER, G. 1985: Beiträge zur Erfassung und Ursachenanalyse von Rotwildschälung im Nordschwarzwald. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau. 140 S.
- ODERMATT, O.; HRIB, M. 1996: Schälchäden durch Rotwild im Gamser Wald. Ein Gutachten zur ökologischen und ökonomischen Tragweite der aktuellen Rotwildschälung im Gamser Wald und ihrer Auswirkungen auf die Schutzwirkung des Waldes. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft Birmensdorf. 22 S.
- PHEIFFER, J. 1983: Untersuchungen zur Winterfütterung des Rotwildes (*Cervus elaphus*) im Hinblick auf das Schälverhalten. Dissertation, Bonn. 174 S.
- REIMOSER, F. 1988: Forstliche Beiträge zur Vermeidung von Wildschäden. *Internationaler Holzmarkt* 19: 1–6.
- REIMOSER, F.; ARMSTRONG, H.; SUCHANT, R. 1999: Measuring forest damage of ungulates: what should be considered. *Forest Ecology and Management* 120: 47–58.
- REIJNDERS, P.J.H.; VAN DE VEEN, H.E. 1974: On the causes and effects of bark stripping by red deer and on the relation between management of red deer and forestry in the Dutch setting. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift* 46: 113–138 (engl. Zusammenfassung).
- RHEINBERGER, C. 2004: Räumliche Analyse von Schälungen durch den Rothirsch (*Cervus elaphus*) im St. Galler Rheintal. Unveröffentlichte Diplomarbeit, ETH Zürich. 38 S.
- SOMMERHALDER, R.; ETTLINGER, P. 2001: Das effor2-Pilotprogramm Wald und Wild der Kantone Appenzell Ausserrhoden, Appenzell Innerrhoden und St. Gallen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 152, 7: 282–288.
- TRISL, O. 1998: Untersuchung zur Entwicklung eines optimalen Stichprobenverfahrens für die Langfristige Beobachtung der Schälchadensituation. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen. 147 S. mit Anhang.
- TRÜMPLER, J. (Red.) 1996: Integralprojekt im Einzugsgebiet der Gamser Wildbäche. Waldbauprojekt, Jagdliches Konzept, Sanierung Wildbäche. Sophie und Karl Binding-Stiftung, Basel. 96 S.
- UECKERMANN, E. 1986a: Zum Stand der Erforschung der Ursachen des Schälens des Rotwildes. In: *Rotwild – Cerf rouge – Red deer*. Hrsg. von S.Linn. CIC-Rotwildtagung Graz 1986: 352–368.
- UECKERMANN, E. 1986b: Ordnungsgruppe *Ungulata*, Huftiere. In: Schwenke, W. (Hrsg.): *Die Forstschädlinge Europas*, Bd. 5. Parey-Verlag. Hamburg, Berlin: 141–294.
- UECKERMANN, E. 1981: Die Wildschadenverhütung in Wald und Feld. Parey-Verlag. Hamburg, Berlin. 4. Auflage. 80 S.
- UECKERMANN, E. 1973: Stand der Forschung über Ursachen und Bekämpfung des Schälens durch Rotwild. In: Leibundgut, H. (Hrsg.): *Wald + Wild*. Seminar des Internationalen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich 1972: 158–175.
- UECKERMANN, E. 1956: Untersuchung über die Ursache des Schälens des Rotwildes. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 2: 123–131.
- UECKERMANN, E.; HARTFIEL, W. 1963: Die Verdaulichkeit von frischer Fichtenrinde nach Versuchen bei Rotwild. Ein Beitrag zur Klärung der Schälursachen. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 9: 54–62.
- VÖLK, F.H. 1999: Bedeutung von Waldstruktur und Rotwildhege für die Schälhäufigkeit in den alpinen Bundesländern Österreichs. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 45: 1–16.
- VÖLK, F.H. 1998a: Schälchäden und Rotwildmanagement in Relation zu Jagdgesetz und Waldaufbau in Österreich. *Beiträge zur Umweltgestaltung*, Bd. A 141. Erich Schmidt Verlag. Berlin. 336 S. mit Anhang.
- VÖLK, F.H. 1998b: Langjährig erfolgreiche Rotwildüberwinterung ohne gravierende Schälchäden. Ausgewählte Beispiele im Ostalpenraum. *Boku-Berichte zur Wildtierforschung und Wildtierbewirtschaftung*, Bd. 15. Institut für Wildtierbiologie und Jagdwirtschaft, Universität für Bodenkunde Wien. 56 S. mit Anhang.
- VÖLK, F.H.; GOSSOW, H. 1997: Freizeitaktivitäten und Wildschäden. Schlussfolgerungen aus der wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Fachliteratur. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 114: 35–37.
- WAGENFÜHR, R. 1984: Anatomie des Holzes unter besonderer Berücksichtigung der Holztechnik. 3. Auflage. Fachbuchverlag. Leipzig. 320 S.
- WALDSTANDORTSKARTIERUNG DES KANTONS ST. GALLEN 2003: Hrsg. vom Kantonsforstamt St. Gallen.
- ZWEIFEL-SCHIELLY, B. 2005: Spatial and nutritional ecology of GPS-collared red deer in an Alpine region: the role of forage availability and quality. Dissertation no. 16055, ETH Zurich. 107 p.

## Dank

Wir bedanken uns bei Kantonsoberröster Jürg Trümpler und Revierförster Othmar Lenherr für die Unterstützung dieser Untersuchung.

## Autoren

CHRISTOPH RHEINBERGER, dipl. Forsting. ETH, Eidg. Institut SLF, Flüelastrasse 11, 7260 Davos. E-Mail: rheinberger@slf.ch.  
Dr. WERNER SUTER, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf. E-Mail: werner.suter@wsl.ch.