

Institut für Forstzoologie und Waldschutz

**Zur zeitlichen Prognose, räumlichen Verteilung  
und Heilungsdynamik von durch Wühlmäuse  
(Erdmaus, *Microtus agrestis* L.,  
Rötelmaus, *Clethrionomys glareolus* Schreb. und  
Feldmaus, *Microtus arvalis* Pallas )  
verursachten Nageschäden an Forstpflanzen**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades  
des Forstwissenschaftlichen Fachbereichs  
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von Frank Krüger  
geboren in Göttingen

Göttingen 2002

Dieses Dokument wurde elektronisch veröffentlicht unter der Internetadresse:

**<http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2003/krueger/index.html>**

Tag der mündlichen Prüfung: 02.10.2002

1. Gutachter: Prof. Dr. Jörg Lunderstädt
2. Gutachter: Prof. Dr. Burghard von Lüpke

---

# Inhalt

Einleitung.....	7
1. Material und Methoden.....	10
1.1 Versuchsflächen.....	10
1.2 Herkunft des Pflanzenmaterials für Wahlversuche.....	10
1.3 Mäusepopulationen.....	13
1.4 Verfahren zur Einschätzung der Gefährdung von Forstkulturen durch Kurzschwanzmäuse.....	13
1.4.1 Schlagfallenverfahren.....	13
1.4.2 Steckholzverfahren.....	13
1.4.3 Auswertung.....	14
Steckholzmethode.....	15
Verfahrensvergleich.....	16
1.5 Auftreten von Mäusenageschäden.....	18
1.5.1 Auftreten und Verteilung laut Umfrage.....	18
1.5.2 Schadensentwicklung und Reaktion der Jungpflanzen.....	18
1.6 Auftreten von Nageschäden in Beziehung zu den vegetationsbedingten Lichtverhältnissen in Bodennähe.....	21
1.6.1 Schadaufnahmeplots.....	21
1.6.2 Sternförmige mehrarmige Linientaxation durch alle Bestockungsformen .....	22
1.6.3 Bestimmung der Strahlungsintensität am Meßpunkt.....	23
1.7 Wahlversuche.....	27
1.7.1 Versuchsgehege für Wahlversuche.....	27
1.7.1 Versuchstiere.....	30
1.7.2 Versuchspflanzen.....	30
Probennahme.....	31
Bepflanzung der Gehege.....	32
1.7.3 Besatz der Gehege mit Versuchstieren.....	33
1.7.4 Ansatzdauer und Bonituren.....	33
1.8 Pflanzenchemische Untersuchungen.....	35
1.8.1 Probenvorbereitung: Trennung, Trocknung und Homogenisierung.....	35
1.8.2 Extraktion.....	35
1.8.3 Analysen.....	36
1.8.3.1 Bestimmung der Nährstoffgehalte .....	36
Zucker und phenolische Vorstufen .....	36
Stärke.....	37
1.8.3.2 Bestimmung des Chlorophyllgehaltes.....	38
1.8.3.3 Bestimmung der Inhaltsstoffe mit Abwehrpotential.....	38
Proanthocyanidine.....	38
Shikimi- und Chinasäure, Catechin und Epicatechin.....	39
1.8.4 Korrelationen zwischen Inhaltsstoffen und Nageschäden als Attraktivitätsparameter.....	39
1.9 Verwendete Programme.....	40

2. Ergebnisse.....	41
2.1 Prognoseverfahren.....	41
2.1.1 Index 100 Fallennächte.....	41
2.1.2 Steckholzverfahren.....	46
2.1.3 Verfahrensvergleich.....	49
2.2 Mäusenageschäden.....	52
2.2.1 Auftreten und Verteilung bei verschiedenen Laubbaumarten.....	52
2.2.2 Schadensentwicklung und Reaktion der Jungpflanzen.....	52
2.3 Verteilung der Schäden im Gelände.....	61
2.3.1 Schadmuster.....	61
2.3.2 Auftreten von Nageschäden in Abhängigkeit von den Überschirmungsverhältnissen.....	63
2.3.2.1 Schadaufnahmeplots.....	63
2.3.2.2 Sternförmige Taxationslinien.....	66
2.3.2.3 Messung der Strahlungsverhältnisse.....	68
2.4 Wahlversuche.....	74
2.4.1 Verhalten der Mäuse bei der Besiedlung der Gehege.....	74
2.4.2 Ergebnisse der Wahlversuche.....	74
Annahme der Buchenjungpflanzen im zeitlichen Verlauf.....	74
Attraktivität, gemessen als benagte Rindenfläche .....	76
2.5 Pflanzeninhaltsstoffe und Nageschäden.....	81
2.5.1 Inhaltsstoffanalysen.....	81
2.5.1.1 Nährstoffe.....	81
Kohlenhydrate.....	81
Stärke.....	85
Proteinaminosäuren .....	87
Chlorophyll.....	92
2.5.1.2 Abwehrstoffe.....	94
Gesamtphenol .....	96
Proanthocyanidine.....	97
Catechin und Epicatechin.....	98
2.5.1.3 Nährwertindizes.....	100
3. Diskussion.....	103
3.1 Verfahren zur Einschätzung der Gefährdung von Forstkulturen durch Kurzschwanzmäuse .....	103
3.1.1 Der „Index 100 Fallennächte“ .....	105
3.1.2 Das Steckholzverfahren.....	106
3.1.3 Steckholzverfahren und Fallenfangverfahren im Vergleich.....	114
3.2 Mäusenageschäden.....	115
3.3 Verteilung der Nageschäden im Gelände.....	117
3.3.1 Nageschäden in Beziehung zu den Lichtverhältnissen.....	118
Plotverfahren.....	120
Linientaxation.....	121
Ergebnisse .....	121
Waldbauliche Folgerungen.....	123

---

3.3.2 Pflanzeninhaltsstoffe und Nageschäden .....	124
3.3.2.1 Auswahl des Versuchsmaterials .....	124
Versuchspflanzen.....	124
Versuchstiere.....	125
3.3.2.2 Durchführung der Wahlversuche.....	125
3.3.2.3 Inhaltsstoffanalysen.....	127
4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen.....	132
5. Summary.....	136
6. Resumen.....	140
7. Verwendete Literatur.....	145
8. Danksagung.....	176
9. Stichwortverzeichnis.....	178
10. Anhang.....	182



## Einleitung

Kurzschwanzmäuse verursachen regelmäßig, vor allem aber in Gradationsjahren, Schäden erheblichen Umfangs in Forstkulturen (BUCYANAYANDI et al 1992, EDSTEDT 1979; HARTMANN et al. 1998, 1999; LARSSON 1973, 1975a&c, 1976a,b.&c; NIEMEYER 1975, 1979, 1982; NIEMEYER et al. 1997; SCHINDLER 1953, 1954, 1962). Hauptschadverursacher durch oberirdisches Benagen der Rinde sind die Erdmaus (*Microtus agrestis*) und die Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*). Von erheblicher Bedeutung vor allem auf Erstaufforstungsflächen ist auch die Feldmaus (*Microtus arvalis*). Die Schäden, die von der Schermaus (*Arvicola terrestris*) am Wurzelwerk von Bäumen verursacht werden, sind nicht Gegenstand dieser Untersuchungen. Besonders betroffen sind Laubhölzer, da deren Rinde einen wichtigen, wenn nicht den wichtigsten Bestandteil der Winternahrung der oberirdisch fressenden Kurzschwanzmäuse darstellt (BERGERON et al. 1987; HARJU 1996b&c; SWOBODA 1978; ULOTH 1961).

Natürlich spielen die Kleinsäuger, also auch die Kurz- und Langschwanzmäuse, im Wald eine weitaus komplexere Rolle als diejenige von Schadorganismen. Mäuseschaden ist eine rein ökonomisch definierte Größe, ökologisch betrachtet stellt er lediglich eine bestimmte Form der Lebensraumnutzung dar, die unter Umständen Veränderungen desselben nach sich zieht - z.B. durch Verschiebung der Mischungsverhältnisse in der Baumverjüngung durch bevorzugtes Benagen bestimmter Baumarten, Verlängerung der Verjüngungszeiträume und Differenzierung in der Alterszusammensetzung der Verjüngungskollektive durch Freihalten von Teilflächen von Baumbewuchs.

Auf die ökologische Bedeutung der Mäuse als Bodendurchlüfter (ABATUROV 1972, AIROLDI et al. 1976, DUNGER 1964, HALLE 1987), Vernichter (JANZEN 1971) und Vektoren für die Verbreitung von Samen, v.a. auch schwersamiger Baumsamen (LONGLAND u. CLEMENTS 1995; PYARE u. LONGLAND 2000; SAYER 1989; SCHMIDT u. SHEARER 1971; TACON et al. 1976; v.TREBRA et al. 1998), Prädatoren, auch anderer Schadorganismen (HOLIŠOVA u. OBRTEL 1978, KULICKE 1963, OBRTEL et al. 1978, WATTS 1968, DON 1979), Nahrungsbasis für trophisch höherstehende Tiere (BEACHAM 1979; CABON-RACZYNSKA et al. 1970; DEBROT 1981; DELATTRE 1983; EVERETT 1977; HALLE 1988; HAMERSTROM 1979; JEDRZEJEWSKI et al. 1992; KORPIMÄKI et al. 1991; LACHAT FELLER 1993; LIU u. BATZLI 1995; REICHHOLF 1983; TAPPER 1979; VAN

WIJNGARDEN u. BRUINS 1961; WITTENBERG 1981) wird in dieser Arbeit nicht eingegangen.

Da die Gefährdung einer Kultur oder Verjüngung durch Mäuse direkt von der jeweiligen Phase ihrer Populationsdynamik abhängt (EDSTEDT 1979; FRANK 1952; GILL 1992a&b; HANSSON 1971,80,86; HANSSON u. ZEIJDA 1977; KORHONEN et al. 1983; MYLLYMÄKI 1975,77; NIEMEYER et al. 1977; PUTMAN 1989; RADVANYI 1975; SCHINDLER 1954,60,62; TEIVANEN 1979; TEIVANEN et al. 1979), muß in Kulturen mit gefährdeten Arten jedes Jahr von neuem im Spätsommer/Früherbst eine Einschätzung der Populationsdichte vorgenommen werden. Diese dient als Entscheidungsgrundlage für Präventiv- bzw. Abwehrmaßnahmen.

Da das gängige Prognoseverfahren<sup>1</sup> „Index 100 Fangnächte“ häufig unbefriedigende Ergebnisse liefert, mußte ein alternatives Verfahren entwickelt und erprobt werden (HANSKI et al 1994; ROYER u. DUCOURTIEUX 1997a&b; TURCEK 1957; WENCEL et al. 1997; XIA u. BOONSTRAA 1992).

Hauptthema dieser Arbeit ist das Auftreten, die Verteilung und die Reaktion betroffener Forstpflanzen auf Mäuseschäden. Im Freiland ist immer wieder zu beobachten, daß wirklich schwerwiegende Schäden fast durchgehend in Freiflächenkulturen auftreten, nicht aber unter einem Buchenschirm, selbst wenn dieser so locker ist, daß er eine für ein Mäusebiotop ausreichende Vergrasung zuläßt (BURSCHEL et al. 1964; NFV 1996; NIEMEYER 1993; POWELL 1972; REICHARDT et al 1991; SCHNEIDER 1996; WALTERS 1991). Es stellt sich die Frage, ob das Auftreten spürbarer Mäusenageschäden allein von der Biotopausformung abhängig ist, oder ob die physiologischen Eigenschaften der Buchenjungpflanzen selbst für ihre Attraktivität eine entscheidende Rolle spielen (BUCAYANAYANDI et al. 1992; DANELL et al 1987; HANSSON et al. 1986; HANSSON u. GREF 1987; HANSSON 1991; HARJU 1996; EIBERLE 1977; SULLIVAN u. SULLIVAN 1982; TEIVANEN et al. 1979).

In der ersten Untersuchungsreihe zu diesem Themenkomplex wird der Frage nachgegangen, welchen Einfluß die Belichtungsstärke bzw. die Form der Überschilderung für die Häufigkeit und Stärke von Mäuseschäden an Jungpflanzen haben. Besonders stark von Kurzschwanzmäusen angenommen

---

1 ) Im allgemeinen Sprachgebrauch, bis hin zu gesetzlichen Regelungen, ist von „Prognoseverfahren“ oder „Prognosefängen“ die Rede, obwohl es sich nicht um wirkliche Prognoseverfahren handelt, mit denen die tatsächlich zu erwartenden Schäden oder gar Populationsentwicklungen berechnet werden könnten, sondern um Verfahren, mit denen lediglich Hinweise auf Anwesenheit und Abundanzen bestimmter Nagerarten und damit auf eine mögliche Gefährdung für die Kultur erzielt werden können.



wird unter anderem die Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Sie wurde deshalb für diese Untersuchungen als Versuchsbaumart ausgewählt.

Es wurden ausschließlich Buchenpflanzungen und Naturverjüngungen untersucht, die auf Freiflächen oder unter Schirm stockten. Parallel zu der Schadensansprache an den Pflanzen wurden Messungen der Beleuchtungsstärke mit der Fisheye-Methode (WAGNER 1994) durchgeführt.

In der zweiten Untersuchungsreihe sollte geklärt werden, wie die verschiedenen Laubbaumarten auf die Mäusenageschäden reagieren bzw. diese ausheilen. Dazu wurde im südniedersächsischen Raum eine Umfrage bei den staatlichen Forstämtern nach Flächen mit frischen Mäuseschäden durchgeführt. Allein die Untersuchung von Schäden an Bäumen in ihrem natürlichen Umfeld kann aussagekräftige Ergebnisse zeitigen, da nur Schäden, die von den Mäusen selbst verursacht sind, als solche von den Bäumen wie Mäuseschäden auszuheilen versucht werden (s.a. DYER et al. 1986, 1993, 1994, 1995). Auf den aufgrund der Umfrage ausgewählten Untersuchungsflächen wurden über drei Jahre hinweg die geschädigten Bäume beobachtet.

In der dritten Untersuchungsreihe sollte geklärt werden, ob die im Freiland gefundenen Unterschiede bezüglich der Schadenshäufigkeit ihre Ursache in der Physiologie der Pflanzen haben könnten. Da physiologisch zwischen Pflanzen, die unter Schirm aufgewachsen sind und solchen, die von einer Freifläche stammen Unterschiede zu erwarten sind (HANSEN 1950, KAUSCH 1968, ZIEGENHAGEN 1989, ZIEGENHAGEN u. KAUSCH 1993, MAGNUSSEN 1981), wurden Buchenjungepflanzen aus beiden Biotoptypen den Mäusen in einem Wahlversuch angeboten und parallel ihre Inhaltsstoffe untersucht. Aus technischen Gründen wurden die Wahlversuche nur mit der Rötelmaus durchgeführt.

## **1. Material und Methoden**

### **1.1 *Versuchsflächen***

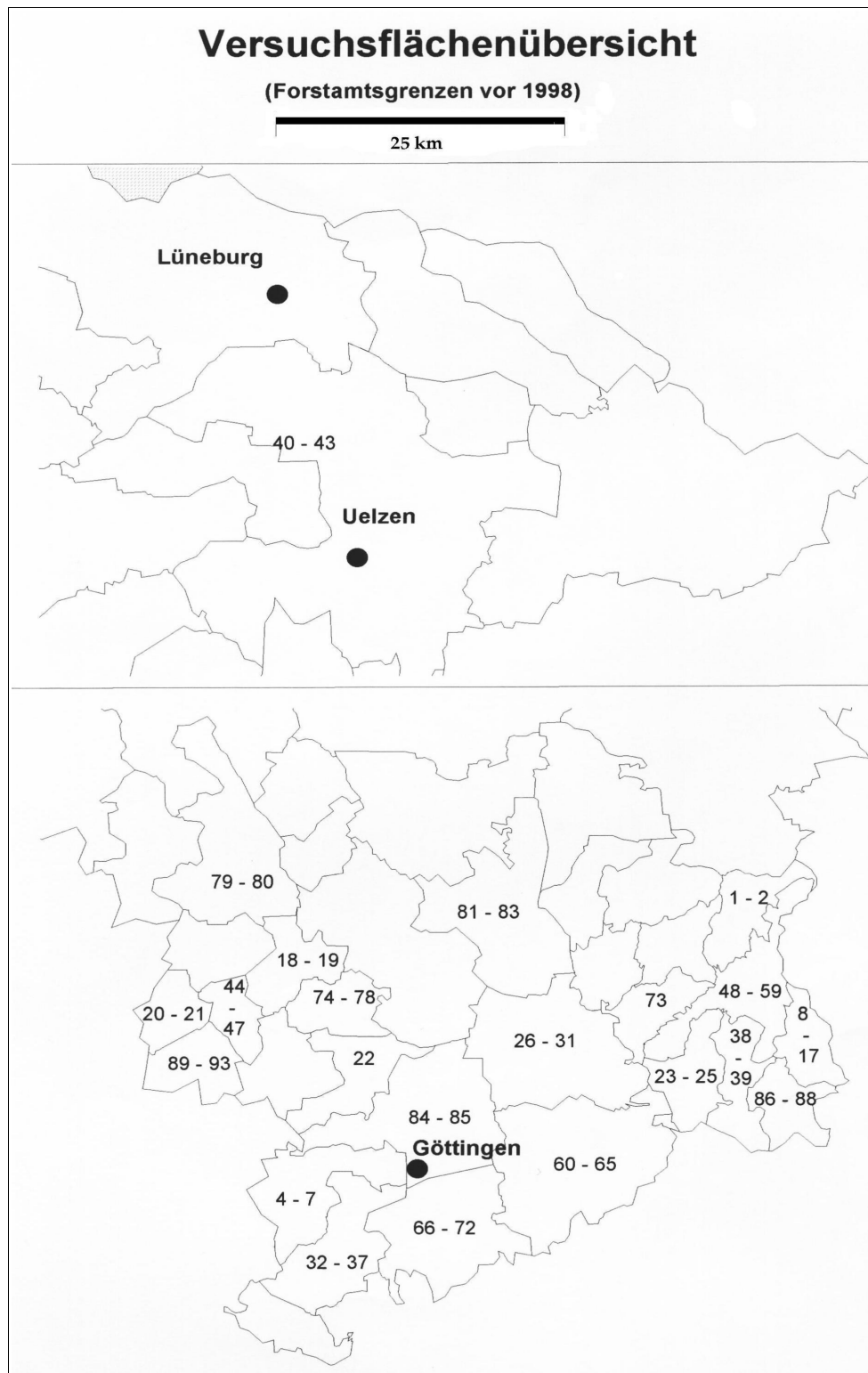
In Abb. 1.1 sind die niedersächsischen Forstämter gezeigt, in denen in den Jahren 1993-1998 an insgesamt 95 Versuchsstandorten Felduntersuchungen zu Mäuseschäden durchgeführt wurden. Die Versuchsorte mit dem jeweiligen Untersuchungsgegenstand und dazugehöriger Aufnahmetechnik sind listenmäßig in Anhang A1 aufgeführt, sodaß im Einzelfall eingehende standörtliche Angaben in den entsprechenden Einrichtungswerken abgerufen werden können.

In den Abbildungen des Anhangs A2 sind Situationskarten mit Baumarten- und Altersklassensignaturen mit Angabe der Versuchsflächen und der darauf angewandten Aufnahmemuster dargestellt. Eine Kurzfassung der ausführlichen Angaben des Anhangs ist in Tab 1.1 zusammengestellt.

Die Arbeiten im Freiland wurden durchweg vor der Umsetzung der Organisationsreform der Niedersächsischen Landesforsten (1997ff.) begonnen. Die Versuchsflächen haben daher die alte Zuordnung zu Forstamt und Betriebsbezirk (ehemals Revierförsterei) behalten.

### **1.2 *Herkunft des Pflanzenmaterials für Wahlversuche***

Das in den Wahlversuchen und Analysen der Pflanzeninhaltsstoffe verwandte Pflanzenmaterial stammte aus zwei unmittelbar aneinandergrenzenden Naturverjüngungsflächen, die im selben Zeitraum verjüngt worden sind. Die eine Fläche gehört zum Niedersächsischen Forstamt Bramwald, Betriebsbezirk Bursfelde, Abt.241 und ist ganzflächig nahezu geschlossen überschirmt. Die andere Fläche, die im Großschirm Schlagverfahren verjüngt worden ist und jetzt nur noch einige wenige Überhälter aufweist, gehört zum Hessischen Forstamt Bad Karlshafen, Revierförsterei Oedelsheim. Der Standort ist sonnseitig, frisch und vorratsfrisch aus ziemlich gut verwitterten oder stark angewitterten lehmigen Buntsandsteinschichten, teilweise sandig-lehmigen Fließerden mit geringer Lößbeimischung und relativ hohem Skelettanteil bis in den Oberboden. Die Bodenart ist eine basenarme, mittel- bis tiefgründige Braunerde, die Humusform ein feinhumusarmer Moder bis F-Mull. Die Buche liegt hier um Leistungsklasse 7.



**Abb. 1.1:** Übersichtskarte zur Lage der Versuchsflächen; mit Forstamtsgrenzen und Numerierung der Versuchsflächen (vgl. auch Tab. A.1).

**Tab. 1.1 :** Übersicht der Versuchsflächen, Untersuchungsgegenstände, Aufnahmeparameter und chronologische Übersicht der Einzeluntersuchungen (Zusammenfassung von Tab. A1 im Anhang).

Untersuchungsgegenstand und -parameter	Jahresübersicht						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	2000
<b>1. Reaktion junger Forstpflanzen auf Mäusenageschäden</b>							
Anzahl Untersuchungsflächen:	9	9	9				
Anzahl untersuchter Pflanzen:	4.243						
<b>2. Erfassung von Mäusenageschäden bei unterschiedlichen Lichtverhältnisse im Plotverfahren</b>							
Anzahl Untersuchungsflächen:	30			28	26		
Anzahl Plots (entspricht Anzahl Lichtmessungen):	367				367		
Durch Plots repräsentierte Fläche (ha):	33						
Anzahl der in Plots aufgenommenen Pflanzen :	7.596						
<b>3. Erfassung von Mäusenageschäden durch sternförmige Linientaxation bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen</b>							
Anzahl Untersuchungsflächen:	2				2	2	
Anzahl Taxationslinien:	10				10	10	
Anzahl 5m-Abschnitte:	125				125	125	
Anzahl Lichtmessungen:	125				125		
Anzahl der aufgenommener Pflanzen:	1.454						
<b>4. Gehegeversuche mit unter unterschiedlichen Beleuchtungsverhältnissen aufgewachsenen Jungbuchen</b>							
Anzahl der in Wahlversuchen eingesetzten Pflanzen :	256						256
Anzahl der auf Inhaltsstoffe untersuchten Wahlversuchspflanzen:	256						256
Anzahl der auf Inhaltsstoffe untersuchten Vergleichspflanzen :	60						60
<b>5. Verfahrensvergleich Falle / Steckholz zur Mäuse-Schadprognose</b>							
Anzahl Flächen, auf denen nur Fallenfang erfolgte:	26						
Anzahl Aufnahmen:	48	22	12	14			
Anzahl Flächen, auf denen Steckhölzer und Fallen eingesetzt wurden:	57						
Anzahl Aufnahmen:	57				22	21	14
Gesamtanzahl Fallenlinien:	105						
Anzahl Fallennächte:	7.650	2200	1200	1400	1100	1050	700
Anzahl Steckhölzer:	1.425				550	525	350
Gesamt- Flächenzahl:	94						

**Erläuterungen:**

**zu 1.:** Geschädigte Jungpflanzen wurden markiert. Jeweils im Frühjahr und Herbst wurden ihr Wurzelhalsumfang, maximale Höhe und Breite des Schadens (in mm) aufgenommen

**zu 2.:** Plots waren im 30 m-Raster im Gelände verteilt, jeder Plot bestand aus 4x5=20 Pflanzen und repräsentierte 900m<sup>2</sup> der jeweiligen Kulturfläche

**zu 3.:** Die Taxationslinien wurden willkürlich so gelegt, daß sie möglichst unterschiedliche Überschirmungsverhältnisse repräsentierten

**zu 4.:** Freilandgehege mit natürlichem Boden, für den gesamten Versuchszeitraum von festen Rötelmaus-Familiengruppen besiedelt; Analyse der Rinden-Inhaltsstoffe

**zu 5.:** Flächen ausschließlich in Südniedersachsen (Harz, Solling, Leinebergland); keine fortlaufende Aufnahme möglich wegen zwischenzeitlichen Herauswachsens der Bestockung aus der Mäusegefährdung auf einzelnen Flächen.

### **1.3 Mäusepopulationen**

Bei der überwiegenden Anzahl der Fragestellungen wurden Freilandpopulationen von Kurzschwanzmäusen, in erster Linie Erd- und Rötelmaus, untersucht. Nur in den Wahlversuchen wurden 20 Rötelmäuse aus erster Gefangenschaftsgeneration als Versuchstiere im eigentlichen Sinne eingesetzt.

### **1.4 Verfahren zur Einschätzung der Gefährdung von Forstkulturen durch Kurzschwanzmäuse**

#### **1.4.1 Schlagfallenverfahren**

Auf potentiell durch Kurzschwanzmäuse gefährdeten Kultur- und Naturverjüngungsflächen im südniedersächsischen Raum wurden in den Jahren 1993-1995 Probefänge durchgeführt. Hierzu wurde jeweils im Herbst (September-Oktober) eine Fallenlinie von 50 handelsüblichen, mit weißen Rosinen beköderten Holz-Schlagfallen ausgelegt. Die Fallen blieben für den Rest des Aufstellungstages und die folgende Nacht fängisch und wurden am nächsten Morgen kontrolliert. Bei der Fallenkontrolle wurde protokolliert, ob und was sich in jeder einzelnen Falle gefangen hatte und in welchem Zustand sich die Falle zum Zeitpunkt der Kontrolle befand. Gefangene Tiere wurden entnommen, die Fallen neu beködert und erneut für den gleichen Zeitraum wie zuvor fängisch gestellt. Am Folgetag wurde die Kontrolle wiederholt und die Fallen eingesammelt.

Von 1996-1998 wurden je Fläche 25 Fallen eingesetzt, die unmittelbar nach Abschluß der Steckholzexposition auf genau den Plätzen ausgelegt wurden, an denen zuvor Apfelreiser aus dem Steckholzverfahren (vergl. hierzu Kap. 1.4.2) gestanden hatten.

#### **1.4.2 Steckholzverfahren**

1996-1998 wurden zwischen Ende August und Mitte Oktober, also bevor, spätestens jedoch wenn unter normalen Umständen die Mäuse auf

Rindennahrung umstellen, frische Triebe/ Ästchen von mindestens 0,5–1,0 cm Durchmesser und 50-60 cm Länge von Baumarten geschnitten, die für Mäuse besonders attraktiv sind (Hainbuche, Esche, Grauweide, Apfel). In diesen Untersuchungen wurden nur Apfelreiser eingesetzt.

Die Ästchen wurden am dickeren Ende mit einem Schrägschnitt versehen, damit sie nicht beim Einbohren in den Boden entrindet wurden. Die Zweigspitzen wurden zur leichteren Wiederfindung mit gewöhnlicher Forst-Markierungsfarbe (FCH® BLAU) kenntlich gemacht. Zusätzlich erhielt jedes Reis ein Fähnchen aus Papierklebeband mit eindeutiger Nummer. Die so vorbereiteten Steckhölzer wurden in mäusegefährdeten Forstkulturen bzw. -verjüngungen vorzugsweise in den vergrasten Bereichen in Reihen mit festem Abstand von Holz zu Holz, in den Versuchen zwei Schritt, gerade so tief senkrecht in den Boden gesteckt, daß sie stabil standen. Es wurden jeweils 25 Reiser je Fläche in repräsentativen Transektlinien ausgebracht. Eine Woche (6-8 Tage) nach der Ausbringung wurden diese Steckhölzer eingesammelt, gebündelt, mit Datum und Flächenbezeichnung etikettiert und ausgewertet (vergl. Abb. 1.4).

### **1.4.3 Auswertung**

Die Auswertung der Fangergebnisse erfolgte nach zwei Methoden:

#### ***Praxisüblicher „Index 100 Fangnächte“***

$$\frac{\text{Anzahl gefangene Kurzschwanzmäuse}}{\text{Anzahl ausgebrachte Fallen}} \cdot 100 = \text{Index je 100 Fangnächte}$$

#### ***Bereinigter „Index 100 Fangnächte“***

$$\frac{\text{Anzahl gefangene Kurzschwanzmäuse}}{\text{Anzahl ausgebrachte Fallen} - (\text{Anzahl Fallen mit Fehlfunktionen} + \text{Anzahl Beifänge anderer Tierarten})} \cdot 100 = \text{Bereinigter Ind. je 100 Fangn.}$$

## Steckholzmethode

Für die Zwecke der forstlichen Praxis wird nach einer, maximal nach zwei Wochen Exposition der „**Prozentanteil** befallener Steckreiser“ festgehalten. Dies war auch der erste ermittelte Parameter bei diesen Untersuchungen.

Zweiter Parameter war der „**Mittlere Schadwert** je Steckholz und Expositionstag“, der sich durch die folgende Formel ausdrücken läßt :

$$\bar{\text{SW}} = \left( \sum_{(i=1)}^n (h_{\text{max},i} \times U\%_i) / n \right) / d$$

Dabei bedeuten:

$\bar{\text{SW}}$  : Durchschnittlicher Schadwert je Steckholz und Expositionstag

$h_{\text{max}}$  : Max. Schadenshöhe (cm)

$U\%$  : Anteil des Schadens am Steckholzumfang in Prozent

$n$  : Anzahl Steckhölzer

$d$  : Anzahl Expositionstage

Abbildung 1.2 soll erklären, wie die einzelnen Schadmaße für obige Berechnungen erhoben werden. In Beispiel Nr. 1 handelt es sich um einen einzelnen Schaden, hier werden die Höhe (h) und die maximale Breite (b) des Schadens gemessen. Da die Breite als absoluter Wert (mm) keine Aussage über die tatsächliche Schädigung der Pflanze macht, geht diese als relativer Wert (Prozentanteil am Umfang des Stämmchens =  $U\%$ ) in die Berechnungen ein.

Beispiel Nr. 2 zeigt zwei Schäden, die sich in der senkrechten und waagerechten Ablotung überlagern. In diesem Fall entspricht die maximale Schadenshöhe (h) der Distanz zwischen dem höchsten Punkt des oberen und dem niedrigsten Punkt des unteren Schadens, ebenso wird in der Schadwertberechnung die Summe aus der Breite des ersten ( $b_1$ ) und die über die Ablotung vom ersten Schaden hinausreichende Teilbreite ( $b_2b$ ) des zweiten Schadens berücksichtigt.

Beispiel Nr. 3 zeigt zwei völlig voneinander getrennte Schäden, die sich in der Projektion weder senkrecht noch waagerecht überlappen; hier werden

für jeden Schaden einzeln Höhe und Breite ermittelt. In die Berechnung des Schadwertes fließt die Summe der gemessenen Schadensbreiten und die maximale Höhe eines Einzelschadens ein.

In derselben Art und Weise wurden die Schadwerte für die anderen Fragestellungen ermittelt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden bei der Bonitur der geschädigten Pflanzen die relativen Schadensbreiten bei den weitergehenden Betrachtungen in Klassen eingeteilt, die als „Schadgrade“ bezeichnet wurden.

Dabei wurde die folgende Klasseneinteilung verwendet:

- 0: kein Schaden
- 1:  $\leq 25\%$  des Stammumfangs entrindet
- 2:  $>25\% \leq 50\%$  des Stammumfangs entrindet
- 3:  $>50\% \leq 75\%$  des Stammumfangs entrindet
- 4:  $>75\% < 100\%$  des Stammumfangs entrindet
- 5: 100% des Stammumfangs entrindet oder ganz abgenagt
- 6: infolge des Mäuseschadens abgestorben<sup>2</sup>

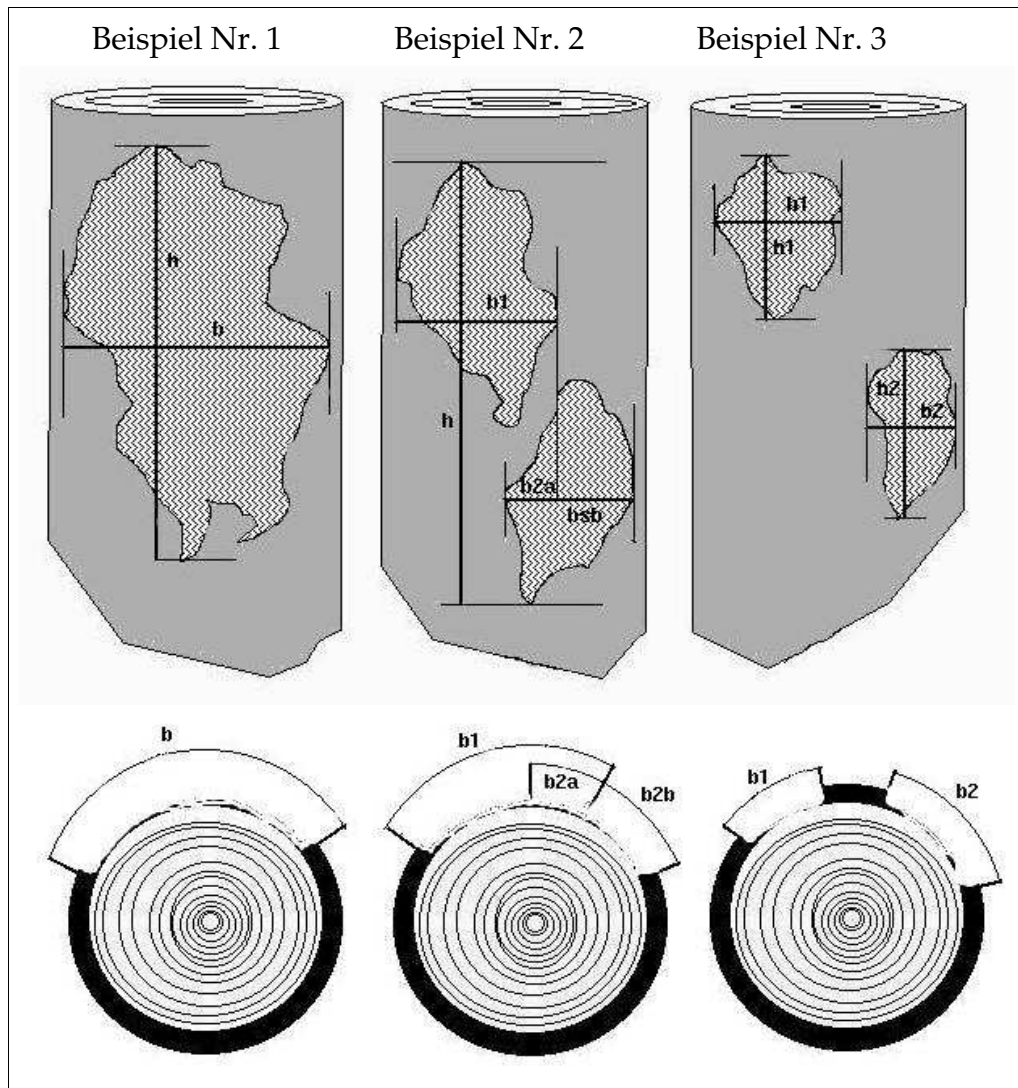
### ***Verfahrensvergleich***

Um eine direkte Beziehung zwischen den Ergebnissen des Fallenfangverfahrens und denen des Steckholzverfahrens herstellen zu können, wurden individuell nummerierte Apfel-Steckhölzer auf den betreffenden Flächen in der gleichen Anzahl, auf den gleichen Linien und auf den gleichen Standplätzen eine Woche vor Aufstellung der Fallen ausgebracht und bei Ausbringung der Fallen wieder eingesammelt. Die an diesen Steckhölzern aufgetretenen Mäuseschäden wurden anschließend wie in Abb. 1.2 dargestellt vermessen und protokolliert.

---

2) Schadgrad 6 kam erst bei der Zweitaufnahme zur Anwendung





**Abb. 1.2)** Beispiele für die Vermessung der Mäusenageschäden für das einzelne Steckholz in seitlicher Aufsicht und im Querschnitt. In der Querschnittsdarstellung (unten) ist abzulesen, welcher Anteil am Umfang entrindet ist.

## **1.5 Auftreten von Mäusenageschäden**

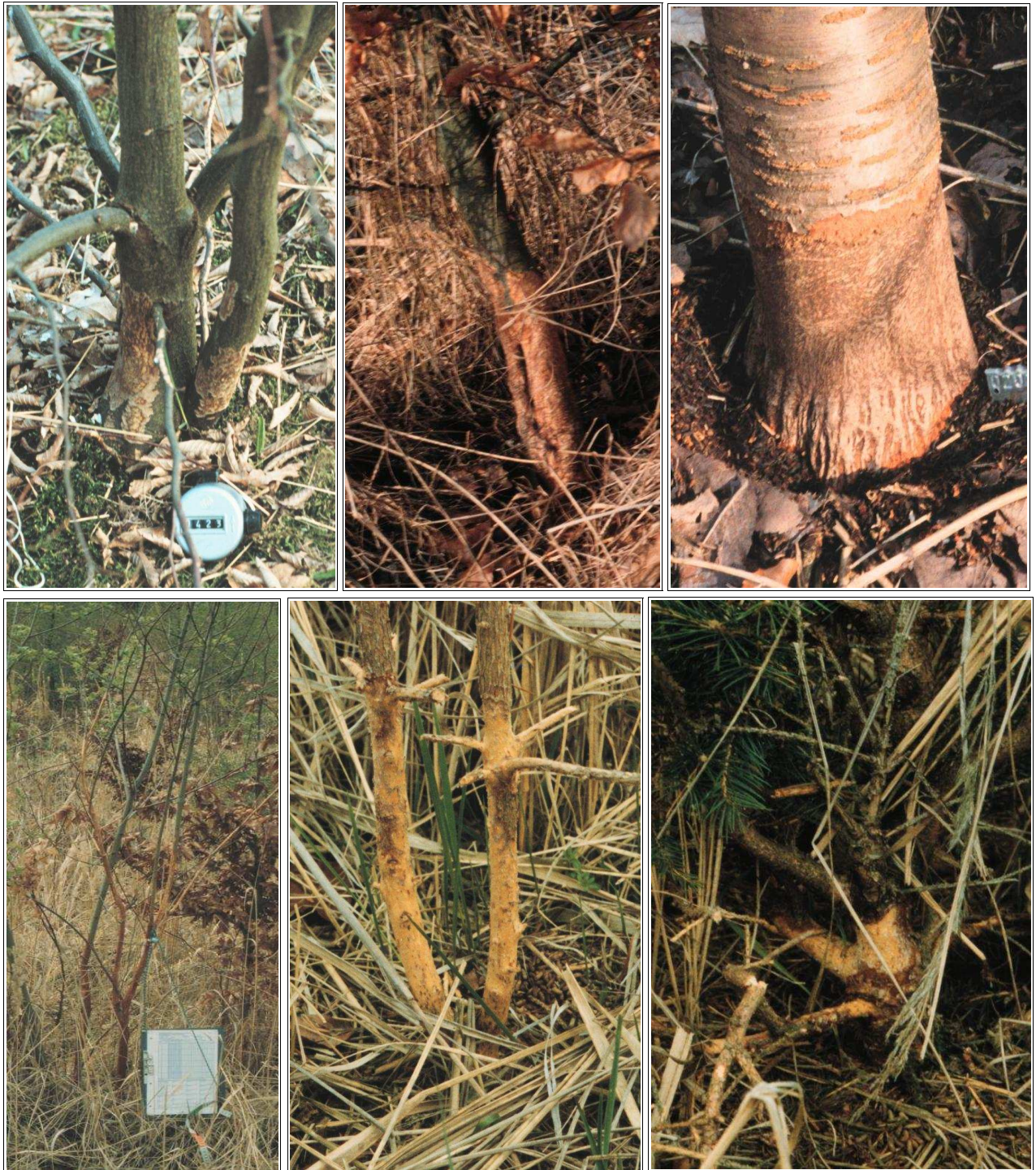
### **1.5.1 Auftreten und Verteilung laut Umfrage**

Auf der Basis einer Umfrage nach Mäuse-Schadensflächen in südniedersächsischen Forstämtern im Frühjahr 1993 wurden frisch von Mäusen geschädigte Flächen ermittelt. Auf diesen wurde über drei Jahre hinweg jeweils im Frühjahr vor dem Laubaustrieb und im Herbst nach Abschluß des Dickenwachstums stichprobenweise (d.h. Vollaufnahme von Baumart, Wurzelhalsumfang, Schadenshöhe und -breite aller Bäume jeder x-ten Reihe) auf Mäusenageschäden untersucht oder, wo der Bestand dies nicht zuließ, voll aufgenommen.

### **1.5.2 Schadensentwicklung und Reaktion der Jungpflanzen**

Bei der Erstaufnahme wurden die geschädigten Stichprobenpflanzen mit einer Nummer versehen (geprägtes Blech, mit plastikummanteltem Aluminiumdraht angebunden). Es wurden der Wurzelhalsumfang in ca. 5 cm Höhe über dem Boden sowie die Höhen- und Breitenausdehnung jedes Nageschadens in Millimetern gemessen (Schadaufnahme wie in Kap. 1.4.3 beschrieben).

Aus Kapazitätsgründen konnten auf der Speierlingfläche (Fl. Nr. 65) und in der Buchen-Naturverjüngung in Stauffenburg (Fl. Nr. 77 u. 78) im Herbst 1993 und 1994 nur kleine Stichproben aufgenommen werden, die die Verhältnisse nur ungenügend widerspiegeln. Bei der Dateninterpretation blieben diese Aufnahmen daher unberücksichtigt.



**Abb.: 1.3)** Beispiele für Nageschäden von Kurzschwanzmäusen: von links nach rechts und von oben nach unten: Erdmausschaden an Hainbuche; wiederholter Erdmausschaden an Buche, alter Schaden war fast überwallt; Erdmausschaden an etwa 15 cm dicker Kirsche - solche Ringelungen sind i.d.R tödlich; Rötelmausschaden an Salweide, vollständige Entrindung bis in große Höhen kommen vor allem an Holunder, Esche, Weide und Hainbuche vor; Erd- oder Rötelmausschaden an Fichte, die Schadensmerkmale sprechen mehr für die Erdmaus, es wurde aber auch in 1m Höhe noch gefressen, was nicht gegen die Erdmaus, aber mehr für die Rötelmaus als Verursacher spricht; Erdmausschaden an Douglasie - Nadelholz wird allgemein als die Domäne der Rötelmaus angesehen, auf der Fläche wurden aber nur Erdmäuse gefangen



**Abb.: 1.4)** Beispiele für Nageschäden von Kurzschwanzmäusen: von links nach rechts und von oben nach unten: Rötelmausschaden an Hainbuche; Kirsche infolge Erdmausschaden oberirdisch abgestorben und abgebrochen, Adventivtriebe von Erdmaus abgebissen; Eiche von Erdmaus gefällt; Buchen von Erdmaus gefällt und anschließend partiell entrindet; Hainbuche, von Erdmaus gefällt und weitgehend entastet und entrindet

## ***1.6 Auftreten von Nageschäden in Beziehung zu den vegetationsbedingten Lichtverhältnissen in Bodennähe***

In Buchenaufforstungs- und Naturverjüngungsflächen mit unterschiedlichen Überschirmungsgraden und -baumarten wurden in Stichprobenverfahren Mäusenageschäden aufgenommen. Abhängig von den Bestandesverhältnissen kamen verschiedene Aufnahmemethoden zur Anwendung: Bei einheitlicher Zusammensetzung beziehungsweise Fehlen des Schirmes auf ganzer Fläche wurden die Mäuseschäden in der Regel in Plots aufgenommen. Auf der Versuchsfläche 22 (Abt. 66, Leisenrode) konnte keine Plotaufnahme erfolgen, da die Buchen unter den Schwarzkiefern weitständig in Reihen gepflanzt waren, hier wurde jede fünfte Reihe vollständig aufgenommen. Auf den Versuchsflächen 20 und 21 (Fürstenberg, Abt. 67 und 69), die sich durch viele kleinfächige Wechsel auszeichneten, wurden Aufnahmelinien willkürlich so festgelegt, daß sie möglichst viele verschiedene Habitate durchschnitten.

### ***1.6.1 Schadaufnahmeplots***

Auf Flächen mit weitgehend einheitlicher Struktur wurden Aufnahmeplots von  $4 \times 5 = 20$  Pflanzen festgelegt, die in einem regelmäßigem Raster von  $30\text{m} \times 30\text{m}$  über die Fläche verteilt wurden. Hierbei lag der Abstand zum Bestandesrand bei  $15\text{m}$ . Die Eckpflanzen der Plots wurden mit Plastikbändern markiert. Jeder Plot erhielt an seiner südöstlichen Ecke eine Nummer (geprägtes Metallschild, mit plastikummanteltem Aluminiumdraht an der betreffenden Pflanze befestigt). Die Anlage und Erstaufnahme der Plots erfolgte 1996, die zweite Aufnahme 1997.

Die Stichprobenpflanzen wurden mit Plastikbändern markiert und die Mäusenageschäden nach ihrer Schadgradklassifizierung angesprochen (s. Kap. 1.4.3).

### **1.6.2 Sternförmige mehrarmige Linientaxation durch alle Bestockungsformen**

Die Aufnahmelinien wurden im Gelände so gewählt, daß sie die unterschiedlichen Biotopsituationen mit mäusegefährdetem Jungwuchs möglichst standorttypisch widerspiegeln.

Mindestens der Nullpunkt und der Endpunkt einer jeden Aufnahmelinie, möglichst auch Grenzpunkte (= Schnittpunkte mit Biotoptypgrenzen) wurden im Gelände in Beziehung zu markanten, in der Karte auffindbaren Punkten eingemessen (TRACON - oder SUUNTO-Bussole).

Je nach Geländebeschaffenheit wurden von einem Nullpunkt aus in verschiedene Himmelsrichtungen mehrere Aufnahmelinien durch repräsentative Biotope angelegt. Die Nullpunkte wurden im Gelände mit einem in den Boden geschlagenen Plastikrohr dauerhaft markiert. Die Aufnahmelinien wurden möglichst maßstabsgetreu mit ihrer Aufnahmerichtung in der Forstgrundkarte vor Ort eingezeichnet und durchnumeriert (die Reinzeichnung anhand der Meßpunkte erfolgte später). Ebenfalls wurden die jeweiligen Biototypen und ihre Grenzen in die Karte eingetragen, die Grenzpunkte (Schnittpunkte Linie/Biotopgrenze) je Aufnahmelinie fortlaufend durchnumeriert und eingezeichnet. Auf den je Linie fortlaufend nummerierten Aufnahmebögen wurden die Liniennummern vermerkt.

Der jeweilige Biototyp wurde unter Nennung der Hauptbaumarten im Aufnahmeprotokoll aufgeführt. Hierzu wurde eine komplette Tripletzeile<sup>3</sup> verwendet, sodaß auf den ersten Blick ein Wechsel der Biototypen erkenntlich wird. Jeder Grenzpunkt zwischen Biototypen erhielt, beginnend mit Null (0) am Anfangspunkt der Aufnahmelinie, eine laufende Nummer. Die Entfernung zum vorhergehenden Grenzpunkt wurde gemessen (Bandmaß).

Alle Jungpflanzen (in erster Linie Laubholz, sowie Lärche (*Larix sp.*) und Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*)), die auf der Aufnahmelinie bzw. dieser am nächsten standen, sowie diejenigen, die rechts und links von dieser Pflanze stockten, wurden aufgenommen und farbig markiert (immer gleiche Reihenfolge: Mitte, Rechts, Links = Aufnahmetriplet). War bis 2 m rechts oder

---

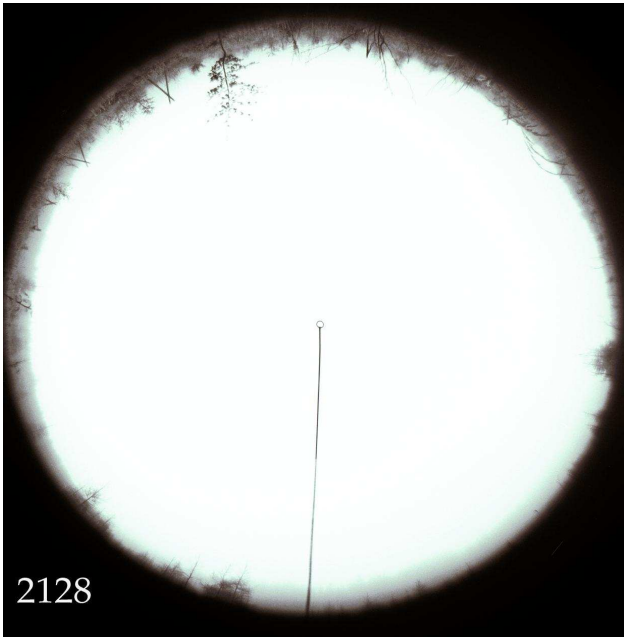
3) Eine Tripletzeile umfaßt mindestens drei Aufnahmezeilen im Aufnahmeformular

links von der Mittelpflanze keine Pflanze vorhanden, blieb das Triplet unvollständig. Die Triplets auf einer Aufnahmelinie wurden fortlaufend durchnummeriert, bei Beginn einer neuen Linie begann die Numerierung wieder mit Eins (1). Eine zahlenmäßige Begrenzung der Triplets innerhalb eines Biotoptyps erfolgte nicht.

Die erste Aufnahme wurde im Winter 1996/97 durchgeführt. An der Einzelpflanze wurden Baumart, Pflanzenhöhe (m) und der Mäusenageschaden aufgenommen. Mehrere Schäden sowie Schäden unterschiedlicher Frische („alt“: Winter 1995/96 und „frisch“: solche ab Spätsommer 1996) an der gleichen Pflanze wurden getrennt aufgenommen. Um einen Schaden eindeutig einer Pflanze zuordnen zu können, wurde die Triplet-Nr. beliebig oft wiederholt und dahinter der jeweilige Schaden eingetragen.

### ***1.6.3 Bestimmung der Strahlungsintensität am Meßpunkt***

Jeweils in der Plotmitte, beziehungsweise bei den Linientaxationen alle fünf Meter, wurde bei bedecktem Himmel (diffuse Strahlung) eine Fisheye-Aufnahme senkrecht nach oben auf Agfa Ortho bzw. Agfa APX 25 Schwarzweißfilm gemacht. Zur Eichung der Filme wurde jeweils am Anfang eine genormte Grautreppe mit definierter Belichtung aufgenommen.



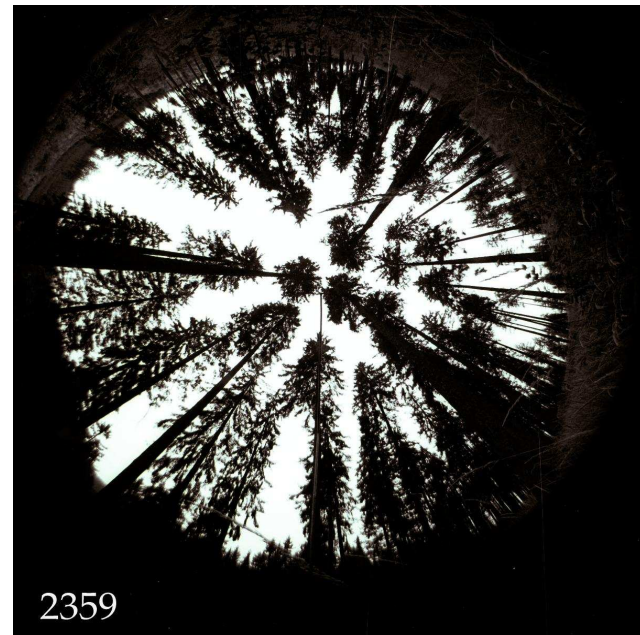
2128  
Gillersheim  
DIFFSF: 99.8 PARSEF: 99.07 100-Schirm%: 99.3<sup>4</sup>



2379  
Herzberg579b2  
DIFFSF: 71.7 PARSEF: 79.3 100-Schirm%: 92.5



2353  
Herzberg579b2  
DIFFSF: 58.6 PARSEF: 59.9 100-Schirm%: 28.4



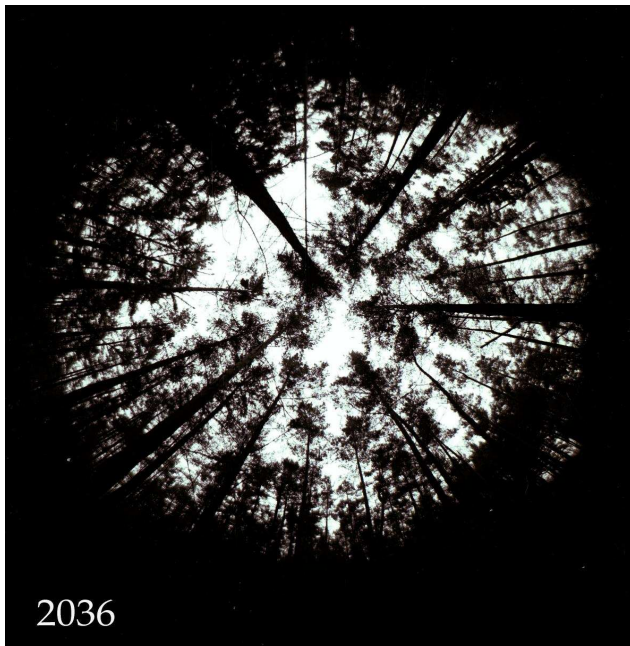
2359  
Herzberg579b1  
DIFFSF: 40.3 PARSEF: 40.3 100-Schirm%: 32.4

**Abb'n.: 1.8-1.15:** Beispiele aus den Untersuchungen für Fisheye-Aufnahmen zur Messung der Strahlungsintensität an den Meßpunkten in Stufen von der Freifläche bis zum geschlossenen Schirm. Auf den Bildern ist die jeweilige Meßpunkt-Nummer vermerkt, in der Bildunterschrift die Flächenbezeichnung und die aus dem Foto gewonnenen Strahlungswerte.  
(Fotos: J. Meyer-Ohlendorff)

---

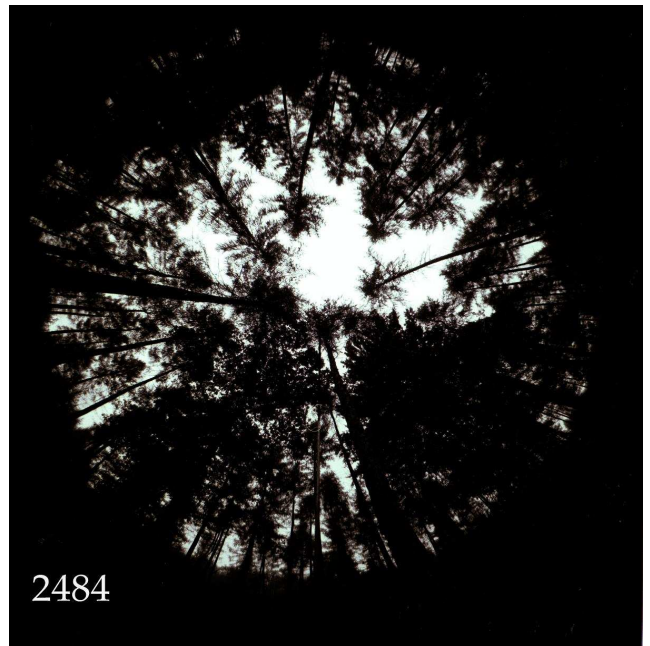
4 ) Auch auf der Freifläche gibt es schon eine geringe Überschildung - durch die Kulturpflanzen





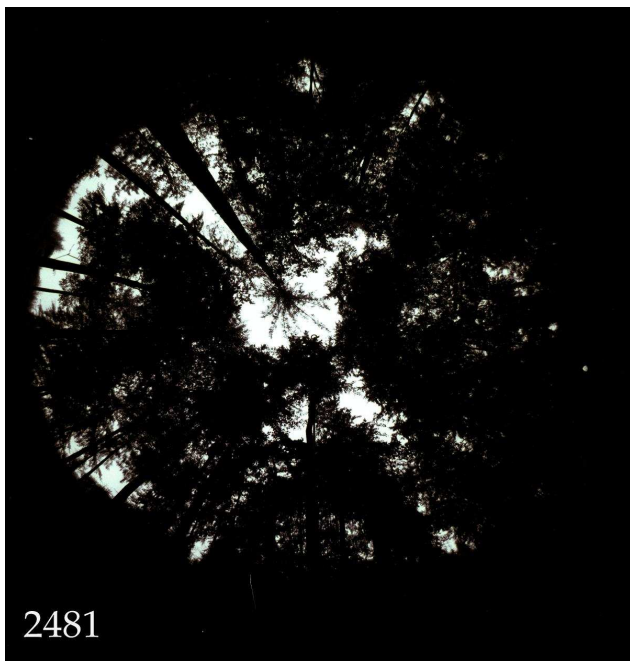
2036

*Medingen543a1*  
*DIFFSF: 24.3 PARSEF: 19.5 100-Schirm%: 39.1*



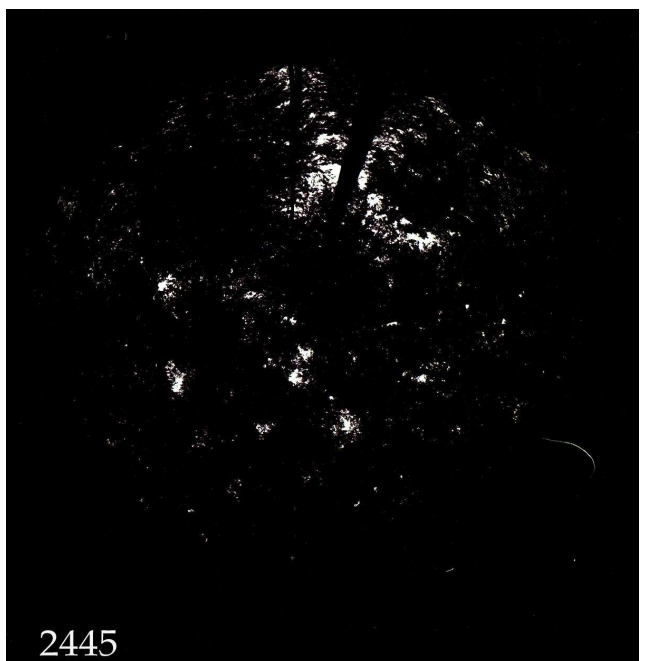
2484

*Medingen550b/c*  
*DIFFSF: 7.7 PARSEF: 10.6 100-Schirm%: 0.3*



2481

*Medingen550bu.c*  
*DIFFSF: 3.31 PARSEF: 4.9 100-Schirm%: 0.2*



2445

*Nationalpark Harz746*  
*DIFFSF: 0.21 PARSEF: 0.1 100-Schirm%: 0.4*

Anhand dieser Aufnahme wurden für jeden Aufnahmepunkt die folgenden drei Werte berechnet:

$$1. \text{ DIFFSF} = \frac{\text{Am Meßpunkt bei homogener Bewölkung} \\ \text{pflanzenverfügbare diffuse Strahlung (Watt/m}^2\text{)}}{\text{Auf Freifläche bei homogener Bewölkung} \\ \text{pflanzenverfügbare diffuse Strahlung (Watt/m}^2\text{)}} \cdot 100 \quad (\%)$$

$$2. \text{ PARSF} = \frac{(\text{PARdifw am Meßpunkt in der Vegetationszeit}) \cdot 0,6 + \\ (\text{PARgess am Meßpunkt zur Vegetationszeit}) \cdot 0,4}{(\text{PARdifw der Freifläche in der Vegetationszeit}) \cdot 0,6 + \\ (\text{PARgess der Freifläche zur Vegetationszeit}) \cdot 0,4} \cdot 100 \quad (\%)$$

Dabei bedeuten:

- DIFFSF : Diffuse Site Factor
- PARSF : Photosynthetic Active Radiation Site Factor
- PARdifw : gesamte PAR bei homogen bewölktem Himmel<sup>5</sup>
- PARgess : gesamte PAR bei wolkenfreiem Himmel

**3. 100-Schirm%** = Relativer Anteil des Ausschnitts um den Zenit 10°, der **nicht** von Vegetation abgedeckt ist.

An jedem Aufnahmepunkt wurde außerdem im Gelände der okular eingeschätzte **Überschirmungsgrad** nach der folgenden Skala protokolliert:

- 0 : Freifläche
- 1 : Bestandesloch ( > 2 Kronenschirmflächen < 2 Baumhöhen )
- 2 : Räumig (  $\geq 2$  Kronenbreiten Abstand )
- 3 : Licht ( > 1 Kronenbreite Abstand )
- 4 : Locker ( 1/2 bis 1 Kronenbreite Abstand )
- 5 : Geschlossen (  $\leq 1/2$  Kronenbreite Abstand )
- 6 : Dicht ( Kronenberührung )
- 7 : Gedrängt ( Kronenverzahnung )

---

5 ) Die witterungsbedingten Anteile des homogen bewölkten Himmels wurden in Anlehnung an BIEDERBICK (1992) in der Vegetationszeit mit 60% und der Anteil des witterungsbedingt sonnigen Himmels in der Vegetationszeit mit 40% angenommen. Als Vegetationszeit wurde die Zeit zwischen dem 16. Mai und dem 16. September definiert.

## 1.7 Wahlversuche

### 1.7.1 Versuchsgehege für Wahlversuche

Die Grundfläche der Versuchsgehege betrug  $2,8 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} = 3,92 \text{ m}^2$  Innenmaß. Die Gehege waren von Betonmauern begrenzt, die ca. 50 cm tief in den Boden eingelassen waren und ca. 50 cm über diesen hinausragten. Als Bodenfüllung diente ein ca. 50 cm mächtiges Lehm-Sandgemisch. Nach unten waren sie durch eine Drainageschicht, Drainplatten, Drainfließ und eine Kieslage abgeschlossen.



**Abb. 1.16:** Versuchsgehege, Grundstruktur aus Betonelementen, bis zur Füllhöhe im Boden versenkt

Zwei Drittel der Fläche waren mit Gitterplatten aus mäusedichtem Edeldraht abgedeckt, ein Drittel der Fläche war mit einem Käfigaufsatz von 1 m Höhe aus Edeldraht ausgestattet. In diesem Bereich befanden sich die Futter- und Wasserstellen sowie ständig Äste und Zweige zum Klettern und Benagen, die während der Zucht- und Haltephase regelmäßig durch frisches Material ersetzt wurden.

Die gesamte Anlage war während des Versuchszeitraums mit einem Foliendach abgedeckt das die Sonnenstrahlung weitgehend ungehindert einfallen ließ, jedoch ein Versumpfen der Gehege bei stärkeren

Niederschlägen verhinderte. Seitlich war die Gehegeanlage oberhalb der Betonmauer offen, sodaß die Temperaturregelung durch natürliche Luftbewegung möglich war.



**Abb. 1.17:** *Versuchsgehege, Trennwandeinbau: der Absatz zwischen oberer und unterer Trennwandhälfte entspricht dem späteren Bodenniveau. Im oberen Trennwandteil befinden sich durch Fallschieber verschließbare Durchschlupflöcher zwischen „Wohnteil“ und „Experimentierteil“ der Gehege.*

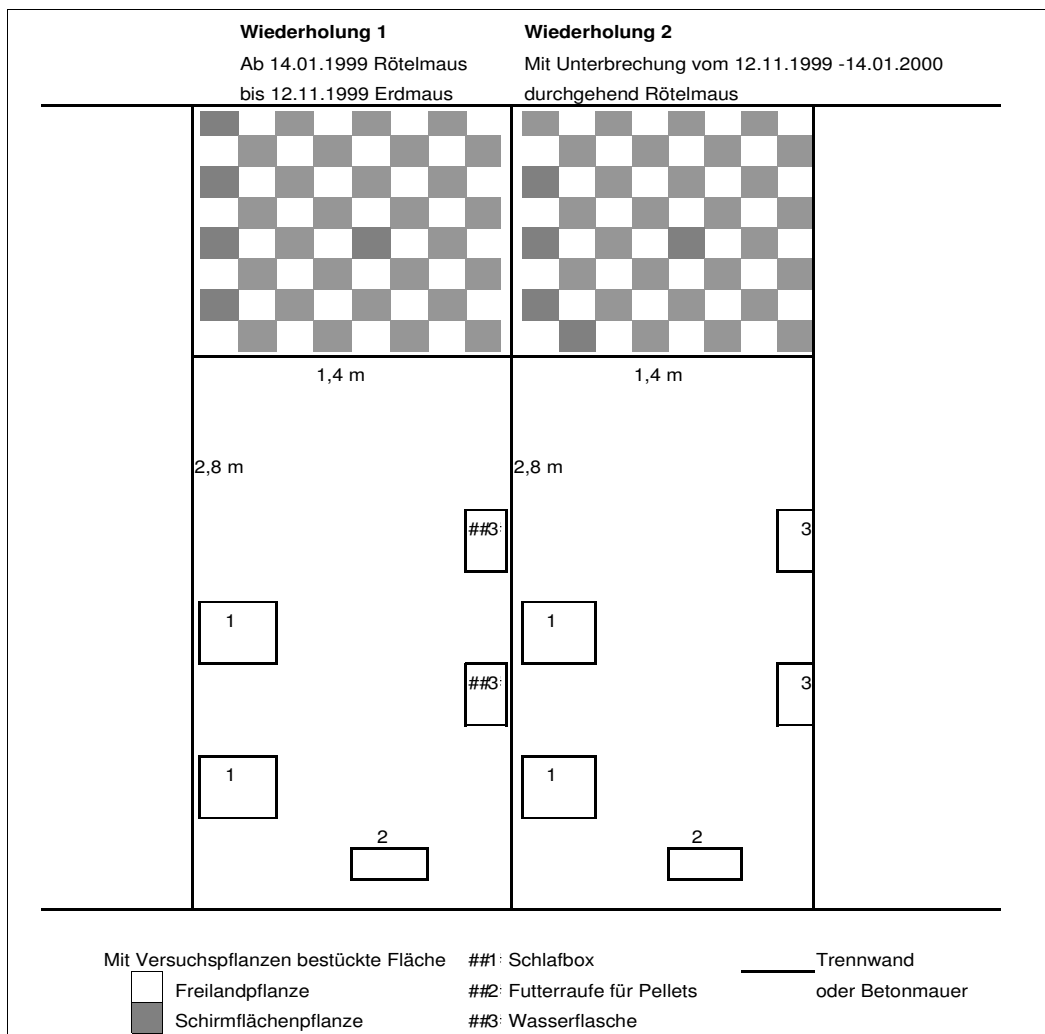
Für die Wahlversuche wurde in die Gehege je eine Trennwand aus feuchteresistentem Sperrholz (Schalungsplatten) eingezogen, die in 2 cm Höhe über dem Boden mit sieben durch Schieber verschließbaren, runden Einläufen von je 5 cm Durchmesser versehen war.

Diese Wand trennte den „Wohnteil“, in dem die Tiere sich während der Versuche immer ungestört aufhalten konnten, mit Wasser und Trockenfutter versorgt wurden und auch ihre Bau- und Nestanlagen hatten, vom „Experimentierteil“, in dem den Tieren für die Dauer der Versuche Buchenstummelpflanzen (vgl. Abb'n.: 1.17-1.19) angeboten wurden. Er nahm eine Fläche von 0,95 m Länge und 1,40 m Breite = 1,33 m<sup>2</sup> ein.

Für die Dauer der Arbeiten an den Pflanzen, Bonituren u.ä. konnten die Tiere durch Schließen der Schieber in der Trennwand aus dem Experimentierteil ausgesperrt werden.



**Abb. 1.18 :** *Versuchsgehege, Bepflanzung für den Wahlversuch mit Buchen-Stummelpflanzen*



**Abb. 1.19 :** *Grundriss der Gehegeanlage, Besiedlung durch Mäusearten und Bepflanzungsschema für den Wahlversuch*

### **1.7.1 Versuchstiere**

Es wurden 2 x 20 Rötelmäuse eingesetzt, die alle aus einem Familienverband stammten, der aus drei Freilandfängen aus dem Frühherbst 1998 (1 Männchen, 2 Weibchen) hervorgegangen war. Insgesamt stammte von diesen drei Elterntieren eine Gehegepopulation von 45 Tieren ab. Sie wurden in einem Versuchsgehege mit natürlichem Untergrund und Bewuchs unter Freilandbedingungen vermehrt und gehalten. Die Tiere erhielten während der Aufzucht und Haltungsphase als Dauererhaltungsfutter eine Volldiät aus pelletiertem Mäusefutter, Sonnenblumenkernen, Weizen und Mais. Zusätzlich erhielten sie Gräser, Kräuter, Obst, Gemüse und Zweige verschiedenster Gehölze in wechselnder Zusammensetzung. Wasser stand den Tieren in der frostfreien Zeit aus Trinkflaschen *ad libitum* zur Verfügung, bei Frost erhielten sie Eisblöcke und Schnee zur Deckung des Flüssigkeitsbedarfs.

Durch die Handhabungen bei der Versorgung, beim Gießen des Bewuchses und bei der Vermehrungskontrolle waren die Tiere an menschliche Gegenwart gewöhnt; sie wurden durch diese in keiner Weise beunruhigt, sodaß sie keinerlei Vermeidungsverhalten zeigten. Wegen des Aufwachsens und der Haltung der Tiere in einem intakten Familienverband gab es keine Störungen des Versuchsablaufes durch Rang- oder Territorialkämpfe. Das Sozialgefüge war klar geregelt, jedes Tier kannte jeden Artgenossen und wußte ihn einzuordnen.

Kurz vor Einrichtung des Versuchs, in der Zeit vom 01. - 12.11.1999 wurde der gesamte Familienverband in einen großen Außenkäfig umgesiedelt, um die Versuchsgehege für die Wahlversuche herzurichten.

### **1.7.2 Versuchspflanzen**

Es wurden ca. 6-10, im Durchschnitt 8 Jahre alte Buchen aus Naturverjüngung verwendet (Herkunft siehe Kap. 1.2). Die Pflanzen wurden unmittelbar vor den beiden Versuchsansätzen geworben und zugerichtet (s. folgenden Unterpunkt).

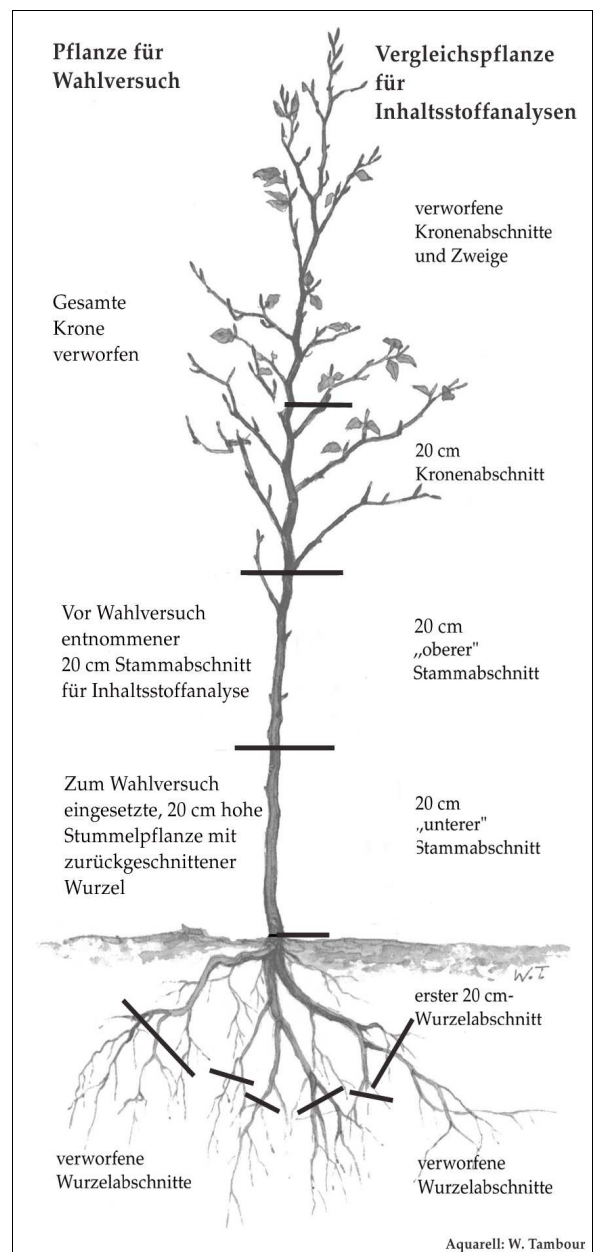
## Probennahme

Auf jeder der beiden Verjüngungsflächen wurden jeweils unmittelbar vor Versuchsbeginn (22.11.1999 u. 01.03.2000) je 75 ca. 5-8jährige Ganzpflanzen geworben und mit einer Nummer (auf Sperrholz geprägt, mit Draht im Wurzelbereich angebunden) versehen (S + Nr. für Pflanzen von der überschilderten Fläche, F + Nr. für solche von der Freifläche). Anschließend wurde den Pflanzen in 20 cm Höhe ein 20 cm langes Stammstück entnommen, mit der betreffenden Nummer (auf Papier) versehen, einzeln in Plastiktüten verpackt und auf Trockeneis schockgefroren, um chemische Veränderungen zu unterbinden. Die Stammproben wurden unmittelbar nach Eintreffen im Institut bei  $-29^{\circ}\text{C}$  eingelagert.

**Abb. 1.20:** Schematische Darstellung der Versuchspflanzenzurichtung für die Untersuchungen.

Linke Seite: Vorbereitungsschema für Wahlversuche;

Rechte Seite: Probennahmeschema für Inhaltsstoffanalysen

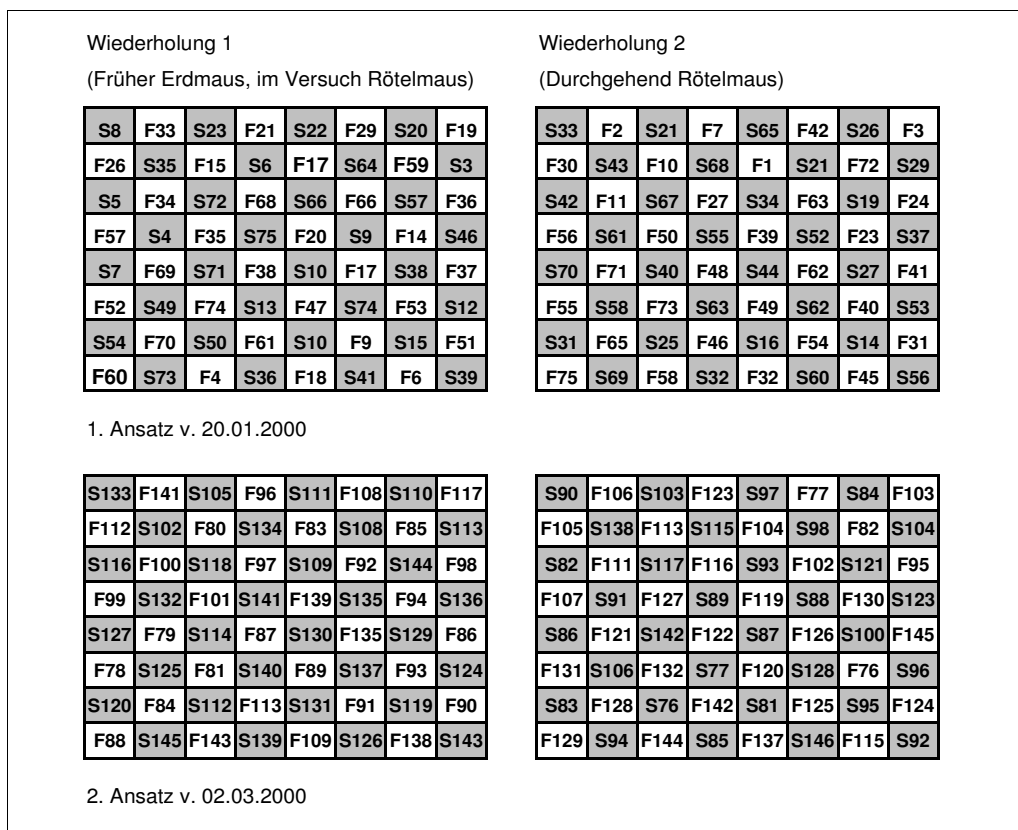


Die durch die Entnahme an der Stummelpflanze entstandene Wunde wurde sofort mit flüssigem Stearin versiegelt. Die Stummelpflanzen wurden nach Beschneiden der Wurzeln in die Versuchsgehege gepflanzt. Restliche Wurzel-, Stamm- und Kronenabschnitte wurden verworfen. Parallel zur Entnahme der ersten Probepflanzenserie für die Auswahlversuche wurden auf jeder der beiden Flächen je 30 Ganzpflanzen als „Vergleichspflanzen“

geworben. Diesen wurde sofort nach Transport in den Probenvorbereitungsraum, ohne daß sie zwischendurch aufgetaut wären, von jeder der 4 Sektionen: Wurzelbereich, unterstes Stammstück, darauf folgendes Stammstück und Kronenbereich ein 20 cm langes Probestück entnommen, mit Pflanzen-Nummer und Sektionsbezeichnung (auf Papier) versehen einzeln in Kunststoffbeutel eingeschweißt, umgehend mit Trockeneis schockgefroren und anschließend bei -29°C gelagert.

### **Bepflanzung der Gehege**

Jeweils am Tage nach der Werbung der Wahlversuchspflanzen, also am 23.11.1999 und 02.03.2000, wurden diese im Schachbrettmuster 8 x 8 (= 64, d.h. von jeder der beiden Varianten je 32 Pflanzen) in den Experimentierteil der Gehege gepflanzt und angegossen. Die Pflanzenverteilung für die beiden Gehege war zufallsverteilt, es wurde lediglich sichergestellt, daß sich immer Schirm- und Freiflächenpflanzen abwechselten (s. Abb. 1.21). Sie wurden während der gesamten Versuchsdauer (auch bei Frost) regelmäßig gegossen.



**Abb.1.21:** Bepflanzungspläne für die Wahlversuche, grau unterlegt: Schirmflächenpflanzen (S), weiß unterlegt: Freiflächenpflanzen (F), jeweiliges Feld: individuelle Pflanzennummer. In Klammern: Besiedlung der Gehege vor und während der Versuchsperiode.



### **1.7.3 *Besatz der Gehege mit Versuchstieren***

Nach Einrichtung der beiden Versuchsgehege wurden am 13.1.2000 in den Wohnteil jedes Geheges je zehn adulte Rötelmäuse eingesetzt. Sie erhielten bis zum 20.1.2000 Zeit zur Eingewöhnung und Inbesitznahme. Während dieser Phase wurden die Tiere auf Verhaltensauffälligkeiten hin beobachtet. In Explorationsverhalten und Inbesitznahme war kein Unterschied zwischen den Versuchstiergruppen der beiden Gehege zu beobachten, obwohl das eine Gehege zuvor u.a. von denselben Rötelmäusen bewohnt gewesen war, das andere dagegen Erdmäuse beherbergt hatte. Am 20.1.2000 erhielten die Versuchstiere erstmalig Zugang zu den Versuchspflanzen (1. Ansatz). Am 02.3.2000 erfolgte der zweite Ansatz.

Alle einmal ausgewählten Versuchstiere blieben während der gesamten Versuchsdauer als Gruppe zusammen, sodaß davon ausgegangen werden kann, daß es keine Störungen des Versuchsablaufes durch Krankheiten, Rangordnungsstreitigkeiten oder andere Sozialkonflikte gab (PUSENIUS u. YLÖNEN 1994, YLÖNEN 1988, 1989a&b, 1990, YLÖNEN u. VIITALA 1985, 1987, 1989, YLÖNEN et al. 1988, 1989, 1995 ).

Die Gehege waren im Wohnteil in dieser Zeit mit Nestboxen, Futterautomaten mit Trockenfutter, Wasserspendern und trockenen Kletterrösten ausgestattet.

### **1.7.4 *Ansatzdauer und Bonituren***

Die bewurzelten Stummelpflanzen des ersten Ansatzes wurden den Mäusen in der Zeit vom 20.01. bis zum 10.02.2000, die des zweiten Ansatzes vom 02. bis zum 26.03.2000 angeboten.

Lediglich für die Dauer der Fraßbonituren wurden die Verbindungstüren zwischen den Gehegeteilen geschlossen. An den ersten fünf Tagen des ersten Ansatzes wurde täglich bonitiert, danach alle zwei Tage. Beim zweiten Ansatz wurde am ersten und zweiten Tag, danach alle zwei Tage bonitiert. Es wurde für jede Pflanze die Anzahl und Lage der Fraßstellen und die Stärke des Schadens festgehalten.

Nach Beendigung der Fraßperiode wurden die befallenen Stummelpflanzen gerodet und nach Gehegen getrennt in sandgefüllte Maurerkübel gepflanzt. So vor weiterem Fraß und Austrocknung geschützt, wurden die Pflanzen bis zur Endauswertung der Fraßschäden im Labor im Versuchsgarten des Instituts gelagert.

Bei der endgültigen Schadensansprache wurden der Umfang des Wurzelhalses, alle Fraßstellen nach ihrer Höhe und Breite sowie die Höhe ihrer untersten Begrenzung über Grund gemessen (in mm). Aus den gemessenen Werten für Höhe und Breite der einzelnen Schäden wurde eine Fläche in mm<sup>2\*</sup> errechnet. Das Sternchen (\*) soll signalisieren, daß es sich bei dieser Fläche um eine angenäherte Flächenangabe handelt, da die Fraßstellen unregelmäßige Formen aufwiesen. Diese mm<sup>2\*</sup>-Flächen wurden zu einer Flächenangabe je Versuchspflanze zusammengefaßt. Anders als in der Schadwertberechnung bei der Steckholzmethode (s.S. 14) und den Plot- und Linienaufnahmen, stellt diese Flächenangabe keinen relativen Bezug zu der betroffenen Pflanze dar, sondern wird als Attraktivitätsweiser absolut betrachtet.

Im Anschluß an diese Endbonitur wurden die bewurzelten Stummelpflanzen wieder in die sandgefüllten Maurerkübel gepflanzt, im Versuchsgarten des Institutes in den Halbschatten gestellt und gelegentlich gegossen, um den Austrieb im Frühjahr zu beobachten.

## 1.8 *Pflanzenchemische Untersuchungen*

### 1.8.1 *Probenvorbereitung: Trennung, Trocknung und Homogenisierung*

Alle Pflanzenteile wurden während der Probenaufbereitung zur Verhinderung von unkontrollierten chemischen Umsetzungsprozessen bei tiefen Temperaturen unter CO<sub>2</sub>-Abschluß<sup>6</sup> gehalten.

Die Rinde inklusive Hart- und Weichbast der Pflanzenteile wurde in tiefgefrorenem Zustand auf einem mit Trockeneis gekühlten Tisch mit tiefgekühltem Skalpell vom Holz getrennt und sofort wieder in die Tiefkühltruhe verbracht. Nur gesund erscheinende Rindenteile wurden verwendet, Stellen mit äußeren Verletzungen, Bastverfärbungen o.ä. wurden verworfen.

Das Probenmaterial wurde nachfolgend in einer mit N<sub>2</sub> tiefgekühlten Schwingmühle (RETSCH MM2) homogenisiert.

Alle Geräte, die direkt mit den Proben in Berührung kamen, wurden jeweils zwischen zwei Proben mit Alkohol gereinigt, um eine Verschleppung von Probenspuren zu verhindern.

Die gemörserten Proben wurden 48 Stunden lang gefriergetrocknet (CHRIST BETA 1-16) und anschließend bei Zimmertemperatur in Exsikkatoren dunkel gelagert.

Von den so vorbereiteten Proben wurden 2 x je 30 mg (+/- 5%) in gläserne Abschmelzampullen eingewogen und bis zur Weiterverarbeitung ebenfalls in Exsikkatoren dunkel gelagert.

### 1.8.2 *Extraktion*

Für die Bestimmung der Gehalte an Zuckern, Phenolvorstufen und Phenolen wurden 30mg Probenmaterial dreimal je 1/2 h lang bei 65°C in 1ml reinem Methanol extrahiert und die Extrakte zu einer Mischprobe vereinigt.

Für die Bestimmung ihres Stärkegehaltes wurden die mit Methanol extrahierten Proben bei 95°C zweimal je 1/2 h lang in 2ml und 1ml Wasser

---

<sup>6</sup> ) Mit zerstoßenem Trockeneis gefüllte Behälter

extrahiert. Die beiden Wasserextrakte wurden ebenfalls zu einer Mischprobe vereinigt.

Zur Bestimmung der Chlorophyllgehalte wurden getrennt eingewogene Rindenproben von 30mg zweimal je 1/2 h lang in 1ml 80%igem Azeton/Wasser-Gemisch bei Zimmertemperatur auf einem Schüttler (GFL TYPE 3016 ) extrahiert und die Extrakte anschließend zu einer Mischprobe vereinigt.

Nach jeder Extraktion wurden die Proben zwei Minuten lang bei 2.800 Umdrehungen zentrifugiert (HERAEUS LABOFUGE 400) und die Extrakte mit Pasteurpipetten in graduierte Reagenzgläser abgehoben. Nach Vereinigung zur jeweiligen Mischprobe wurde die exakte Füllmenge in Milliliter abgelesen und protokolliert, erneut zentrifugiert und direkt zur Photometeranalyse verwendet (Chlorophyll, Phenole) oder die für die Analyse notwendige Extraktmenge abgehoben, in EPPENDORF-CAPS pipettiert und tiefgekühlt zwischengelagert (Zucker, Stärke).

Die Extraktionsrückstände wurden bei 105°C 2 h lang eingetrocknet (HERAEUS T 5025) und in Exsikkatoren zwischengelagert oder sofort für die Aminosäuren-bestimmung hydrolysiert.

### **1.8.3 Analysen**

#### **1.8.3.1 Bestimmung der Nährstoffgehalte**

##### ***Zucker und phenolische Vorstufen***

Glucose, Fructose, Saccharose, Shikimisäure, Chinasäure, Catechin und Epicatechin wurden gaschromatographisch nach SCHOPF (1986) quantitativ analysiert. 50µl des Methanolextrakts wurden mit 50µl Phenylglucose (5mmolar in H<sub>2</sub>O) als internem Standard vermischt und unter Vakuum bei 70°C eingetrocknet. Zur Derivatisierung wurde die Probe mit 0,1ml Hydroxylammoniumchlorid (2,5 %ig in Pyridin) versetzt und 30 min bei 60°C oximiert. Anschließend wurden 25µl der Probe mit 25 µl BSTFA (Bis-(trimethylsilyl)-trifluoroacetamid) im Trockenschrank bei 105°C 1 h silyliert. Die Analyse erfolgte auf einem CHROMPACK CP 9000 Gaschromatographen (WCOT FUSED SILICA-KAPILLARSÄULE, 25m x 0,25mm, belegt mit 0,12µm CP-SIL-8 CB; Split-Injektortemperatur 300°C; Trennbedingungen: 2 min isotherm 160°C,

dann Temperaturerhöhung um 5°C/min bis 200°C, dann Temperaturerhöhung um 30°C/min auf 280°C, dann 20min isotherm 280°C; Flammenionisationsdetektor (FID)). Die Konzentrationen werden in nmol/mg TGW angegeben.

### *Stärke*

In Anlehnung an die Methode von KAKAC u. VEJDELEK (1974) wurde die Stärkekonzentration photometrisch bestimmt (MILTON ROY SPECTRONIC 301). 100 µl des je nach Stärkegehalt verdünnten Wasserextraktes wurden in eiswassergekühlten Reagenzgläsern mit 1 ml H<sub>2</sub>O und 2 ml Anthronreagenz (0,1 %ig in conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) vermischt und 10 min bei 100 °C im Reagenzglasofen erwärmt. Nach Abkühlung auf Zimmertemperatur wurde die Extinktion der Proben bei 625 nm bestimmt. Als Referenzsubstanz diente Glucose, die Stärkekonzentrationen werden in nmol/mg TGW Glucoseäquivalente angegeben.

### *Proteinaminosäuren*

Zur Hydrolyse der Proteine wurden die getrockneten Extraktionsrückstände aus dem Probenaufschluß mit 0,5ml 5NHCl (Combi-Titrisol) vermischt. Die Reaktionszeit betrug 24 h bei 105°C in abgeschmolzenen Ampullen.

50µl des abzentrifugierten Hydrolysats wurden mit 50µl L- bzw. DL-Norleucin-Lösung (20nmolar in 2% 0,1 NHCl und 98% H<sub>2</sub>O) als internem Standard versetzt und bei 70°C unter Vakuum getrocknet. Die getrockneten Proben wurden mit 20µl Natriumbicarbonat-Lösung (50 mmolar in H<sub>2</sub>O) und 40µl Dabsylchlorid-Lösung (4-(Dimethylamino)-azobenzene-4'-sulfonylchlorid), 71mmolar in Acetonitril (CH<sub>3</sub>CN)) in einem fest verschlossenen Reaktionsgefäß 12min bei 70°C dabsyliert. Nach Zugabe von 440µl Natriumphosphat-Puffer (25 mmolar Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> und 25mmolar NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> in 1:1 Ethanol/Wasser) wurden die Proben in verschlossenen Vials bei 7°C im Dunkeln gelagert.

In Anlehnung an die Methode von KNECHT u. CHANG (1986) erfolgte die Analyse der Proteinaminosäuren hochdruckflüssigkeitschromatographisch (Fließmittel A: Natriumacetat 75mmolar mit 6% Dimethylformamid, pH 6,4; Fließmittel B: Acetonitril; Flußrate: 1,2ml/min; Gradientenprogramm:

(min/%B) 0/15; 7,2/24; 8,5/25; 9,6/27; 20,0/40; 24,0/45; 26,0/52; 29,0/56; 31,0/60; 32,0/70; 34,0/70; Vorsäule: SPHERISORB ODS II 20x4,6 mm, 3 µm; Säule: SPHERISORB ODS II 250x4,6mm, 5µm; Detektor: SHIMADZU UV-VIS SPEKTRALPHOTOMETER SPD-6AV, 436nm; Eichung mit PIERCE AMINOSÄURENSTANDARD). Die Konzentrationen der Proteinamino­säuren werden in nmol/mg TGW angegeben.

### ***1.8.3.2 Bestimmung des Chlorophyllgehaltes***

Die Bestimmung des Chlorophyllgehaltes der Blatt- bzw. Nadelproben erfolgte photometrisch in Anlehnung an die Methode von ZIEGLER u. EGGLE (1965). Die vereinigten Extrakte wurden bei 647 nm und 664 nm an einem MILTON ROY SPECTRONIC 301 - Spektralphotometer vermessen. Die Berechnung des Chlorophyllgehaltes erfolgte auf Grundlage der von ZIEGLER u. EGGLE (1965) ermittelten spezifischen Extinktionskoeffizienten für Chlorophyll a und b nach den Formeln:

$$\text{Chlorophyll a [mg/g TGW]} = (11,78 \times E_{664} - 2,29 \times E_{647}) \times 16 : 30$$

$$\text{Chlorophyll b [mg/g TGW]} = (20,05 \times E_{647} - 4,77 \times E_{664}) \times 16 : 30$$

Die Konzentration des Gesamtchlorophylls wird in mg/g TGW angegeben.

### ***1.8.3.3 Bestimmung der Inhaltsstoffe mit Abwehrpotential***

#### ***Proanthocyanidine***

In Anlehnung an die Methode von BROADHURST u. JONES (1978) erfolgte die quantitative Analyse der Proanthocyanidine (Vanillin-positive Verbindungen) photometrisch (MILTON ROY SPECTRONIC 301). 100 µl des Methanolextraktes wurden direkt im Anschluß an die Extraktion mit 2 ml Vanillinlösung (4 %ig in Methanol) und 1 ml conc. HCl vermischt. Nach 15 min Reaktionszeit im Dunkeln wurde die Extinktion der Probe bei 500 nm vermessen. Als Referenzsubstanz diente Catechin, die Konzentrationen werden in nmol/mg TGW Catechinäquivalente angegeben.

### *Gesamtphenole*

In Anlehnung an die Methode von SWAIN u. HILLIS (1959) wurde die Gesamtphenolkonzentration (Folin-positive Verbindungen) photometrisch (Milton Roy Spectronic 301) bestimmt. 100 µl des Methanolextraktes wurden mit 2,9 ml H<sub>2</sub>O, 2 ml Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Lösung (1 %ig in 0,1-molarer NaOH-Lösung) und 100 µl Folin-Ciocalteus-Reagenz vermischt. Nach einer 30-minütigen Inkubation bei 60°C im dunklen Wasserbad wurde die Extinktion der Probe bei einer Wellenlänge von 750 nm vermessen. Als Referenzsubstanz diente Catechin, die Gesamtphenolkonzentrationen werden in nmol/mg TGW Catechinäquivalente angegeben.

### *Shikimi- und Chinasäure, Catechin und Epicatechin*

Diese dem Bereich der Abwehrstoffe zuzurechnenden Inhaltsstoffe sind zusammen mit den Zuckern (*siehe S. 36*) gaschromatographisch bestimmt worden.

#### *1.8.4 Korrelationen zwischen Inhaltsstoffen und Nageschäden als Attraktivitätsparameter*

Die relativen Schadwertangaben als Parameter für die Attraktivität der jeweiligen Versuchspflanze bzw. des jeweiligen Versuchspflanzenkollektivs wurden nach Varianten getrennt in Relation zu den gefundenen Stoffgehalten gesetzt. Zur Klärung möglicher Zusammenhänge wurde dazu dem jeweiligen Stoffgehalt die für die betreffende Pflanze gefundene Nageflächenangabe zugeordnet und für das betreffende Versuchspflanzenkollektiv eine Korrelation berechnet und statistisch geprüft.

## **1.9    *Verwendete Programme***

Die Datenerfassung der Analysenergebnisse erfolgte bei der Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit CHROMELEON 4.3<sup>®</sup> von GYNKOTEK<sup>®</sup>, bei der Gaschromatographie (GC) mit PCI<sup>®</sup> von ABIT<sup>®</sup>.

Für die Auswertung der Fisheye-Fotos wurde OPTIMAS<sup>®</sup> von BIOSCAN<sup>®</sup> eingesetzt.

Die Datenbe- und -verarbeitung erfolgte in den Programmen EXCEL97<sup>®</sup> von MICROSOFT<sup>®</sup> und STAROFFICE 5.2<sup>®</sup> von SUN<sup>®</sup>, Grafiken wurden ebenfalls mit diesen beiden Programmen erstellt, überwiegend aber mit XACTPRO 7.2<sup>®</sup> von SCILAB<sup>®</sup>.

Für statistische Auswertungen wurde neben obengenannten Programmen SAS<sup>®</sup> eingesetzt.

Die Bilder wurden mit StarOffice 5.2, XPAINT 2.6.1<sup>®</sup> und GIMP<sup>®</sup> unter MANDRAKE LINUX 8.1<sup>®</sup> bearbeitet.

Die Kartenerstellung erfolgte mit ARCVIEW VER. 2.1 for Windows, die weitere Bearbeitung mit XPAINT und GIMP.

Die Textverarbeitung erfolgte mit STAROFFICE 5.2, zunächst unter WINDOWS 98<sup>®</sup>, später unter MANDRAKE LINUX 8.1<sup>®</sup>.



---

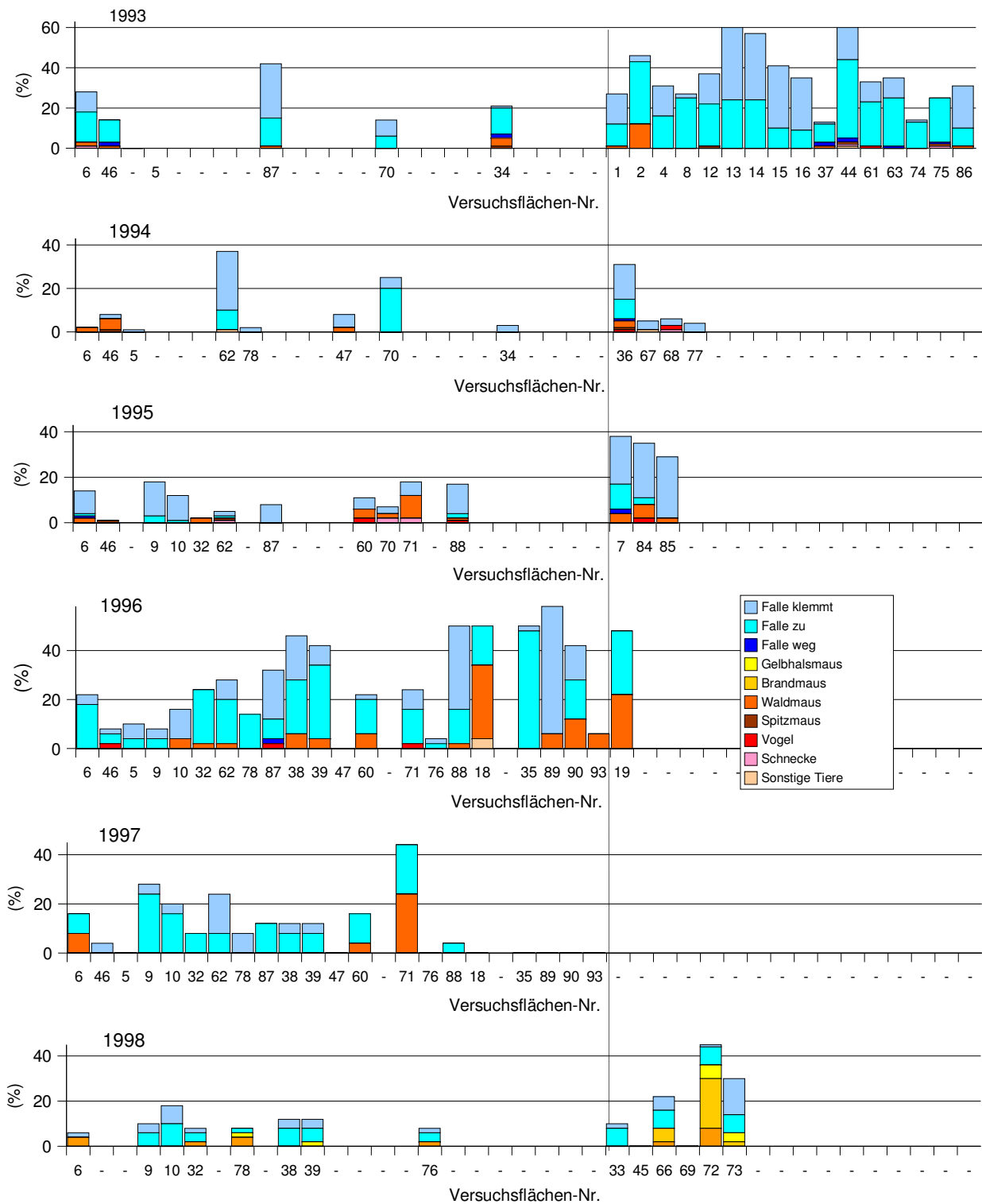
## 2. Ergebnisse

### 2.1 *Prognoseverfahren*

#### 2.1.1 *Index 100 Fallennächte*

Fehlfunktion der Fallen und Fehlfänge führten teilweise zu sehr hohen Ausfallprozenten, die vor allem auf Langschwanzmäuse und Feuchtigkeit zurückzuführen sind (Abb. 2.1).

Die Differenzen zu 100% ergeben den Anteil der Fallen, die für die Beurteilung der Abundanzen von Kurzschwanzmäusen uneingeschränkt zur Verfügung gestanden haben, in denen sich also entweder eine Kurzschwanzmaus gefangen hatte oder die am Morgen bei der Kontrolle noch fängisch waren. Im Durchschnitt ergaben sich von Jahr zu Jahr und von Versuchsfläche zu Versuchsfläche sehr unterschiedliche Anteile tatsächlicher Fangnächte. Vor allem abiotische Faktoren sind für viele Fehlfunktionen verantwortlich: hohe Feuchtigkeitswerte lassen das Holz quellen und sich verziehen, was dazu führt, daß die Fallen klemmen. Dicke Regentropfen können die empfindlichen Schlagfallen direkt auslösen. An zweiter Stelle in der Liste der Störungsursachen stehen biotische Faktoren: Beifänge, vor allem von Langschwanzmäusen, gefolgt von Vögeln, Schnecken und Spitzmäusen. Neben hohen Ausfallraten fallen bei der Betrachtung der einzelnen Fangserien große Schwankungen in der Fängigkeit der Fallen für Kurzschwanzmäuse auf. Zwischen etwas mehr als 20% (Fläche Nr. 72 in 1998) und 100% tatsächlicher Funktionstüchtigkeit der Fallen für Kurzschwanzmäuse sind in den sechs Untersuchungsjahren alle Varianten aufgetreten. Diese Schwankungsbreiten waren umso höher, je mehr Fallen einer Fangserie ausgefallen waren.

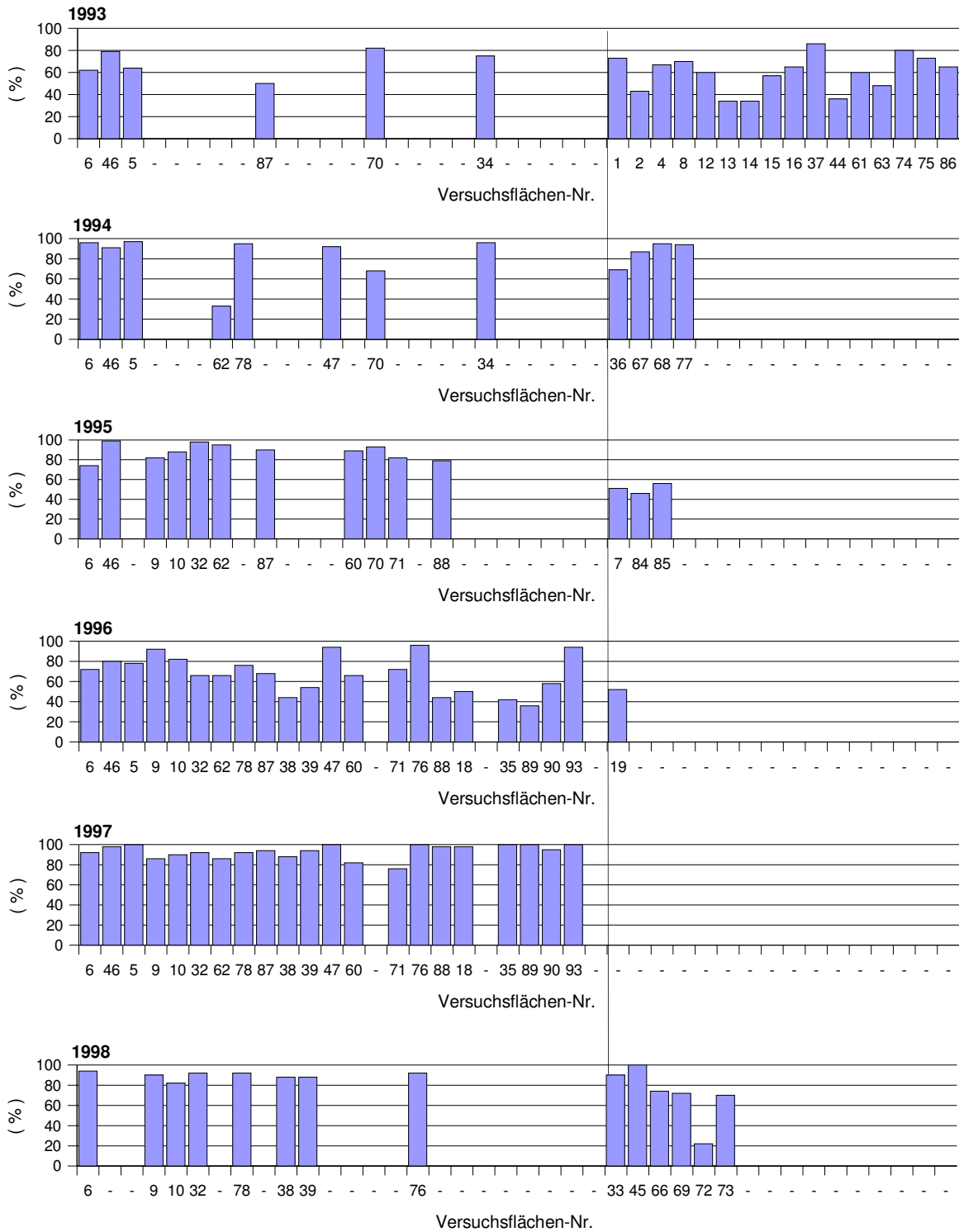


**Abb. 2.1:** Übersicht über die Ursachen für Fehlfunktionen und Fehlfänge in den Prognosefangserien 1993 – 1998. 1993-95, je Fläche 50 Schlagfallen für zwei Nächte, 1996-98, je Fläche 25 Schlagfallen für zwei Nächte. Flächen geordnet nach Beprobungshäufigkeit in absteigender Reihenfolge. Nur einmal beprobte Flächen sind rechts des Trennstrichs in aufsteigender Reihenfolge der Flächennummern angegeben.

**Tab. 2.1:** Ursachen für Fehlfänge und Fehlfunktionen von Schlagfallen in Prognosefangserien der Jahre 1993 – 1998 und Gegenüberstellung zu erwartender und tatsächlich für den Fang von Wühlmäusen zur Verfügung stehender Fangnächte.

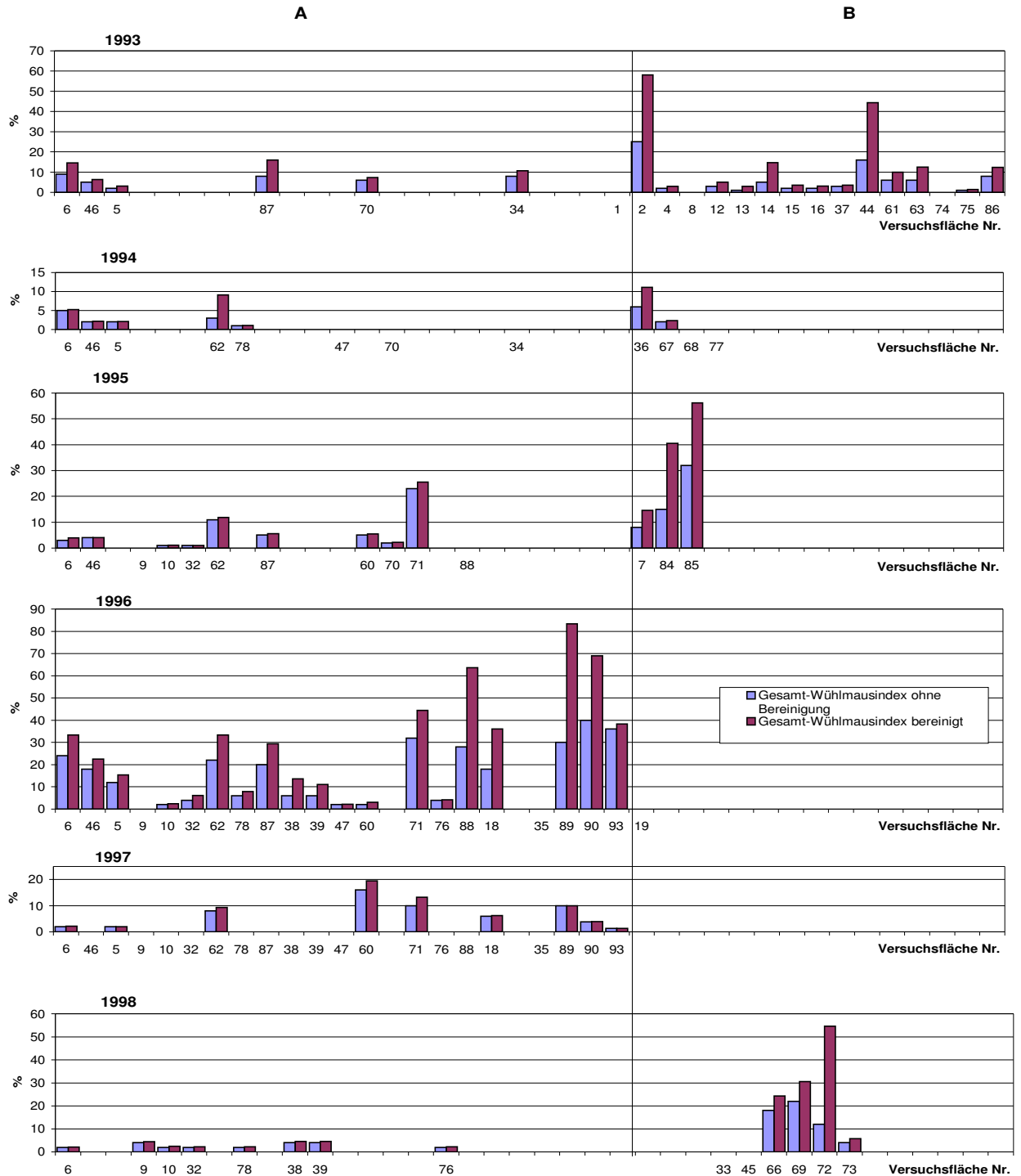
Ursache	Jahr	1993	1994	1995	1996	1997	1998	<b>Gesamt</b>
Waldmaus		25	12	33	102	36	22	<b>230</b>
Brandmaus		0	0	0	0	0	30	<b>30</b>
Gelbhalsmaus		0	0	0	0	0	14	<b>14</b>
Spitzmaus		2	2	2	0	0	0	<b>6</b>
Schnecke		3	1	5	0	0	0	<b>9</b>
Vogel		1	3	5	6	0	0	<b>15</b>
Sonstige Tiere		1	2	0	4	0	0	<b>7</b>
Falle weg		10	1	3	2	0	0	<b>16</b>
Falle leer zugeschlagen		368	38	22	294	128	72	<b>922</b>
Falle klemmt		281	73	145	202	44	84	<b>829</b>
<b>N Fallennächte zu erwarten</b>		<b>2200</b>	<b>1200</b>	<b>1400</b>	<b>1100</b>	<b>1050</b>	<b>700</b>	<b>7650</b>
<b>N Fallennächte eingetreten</b>		<b>1509</b>	<b>1068</b>	<b>1185</b>	<b>490</b>	<b>902</b>	<b>478</b>	<b>5632</b>
Prozentanteil eingetretener Fallennächte		68,6%	89,0%	84,6%	44,5%	85,9%	68,3%	<b>73,6%</b>

Abb. 2.1 zeigt die Gründe für das Ausfallen in den einzelnen Fangserien, in Tabelle 2.1 sind diese jahrweise zusammengefaßt. Das Ergebnis in Form von bereinigten Fangnachtzahlen gibt Abb. 2.2 wieder: von Jahr zu Jahr und von Fläche zu Fläche ergibt sich ein anderes Bild. In Abb. 2.3 sieht man die Folgen: nicht um Fehler und Ausfälle bereinigte Indizes geben nur mit sehr unterschiedlicher Treffsicherheit Auskunft über die Anwesenheit und Stärke einer Kurzschwanzmauspopulation, bereinigte Indizes hingegen werten die gefangenen Mäuse im tatsächlichen Verhältnis zu den zur Verfügung stehenden Fallen und geben so ein realistischeres Bild der Besiedlungsverhältnisse wieder.



**Abb. 2.2:** Nach Bereinigung um Fehlfänge und Fehlfunktionen verbleibender Anteil tatsächlich für den Fang von Wühlmäusen zur Verfügung stehender Fallennächte. Flächen geordnet nach Beprobungshäufigkeit in absteigender Reihenfolge. Nur einmal beprobte Flächen sind rechts des Trennstrichs in aufsteigender Reihenfolge der Flächennummern angegeben. Die in dem betreffenden Jahr für Prognosezwecke genutzten Flächen sind mit der zugehörigen Nummer aufgeführt. In den Jahren 1993-95 wurden je Fläche 50 Fallen und 1996-98 je Fläche 25 Fallen, jeweils für 2 Nächte eingesetzt.

Gesamt-Wühlmausindizes 1993 - 1998



**Abb. 2.3:** Gegenüberstellung von unbereinigten (hellgraue Säulen) und um Fehlfänge und Fehlfunktionen bereinigten Wühlmausindizes (dunkelgraue Säulen) in Prozent. Flächen geordnet nach Beprobungshäufigkeit in absteigender Reihenfolge. Nur einmal beprobte Flächen sind rechts des Trennstrichs in aufsteigender Reihenfolge der Flächennummern angegeben. Die in dem betreffenden Jahr für Prognosezwecke genutzten Flächen sind mit der zugehörigen Nummer aufgeführt. In den Jahren 1993-95 wurden je Fläche 50 Fallen und 1996-98 je Fläche 25 Fallen, jeweils für 2 Nächte eingesetzt.

### **2.1.2 Steckholzverfahren**

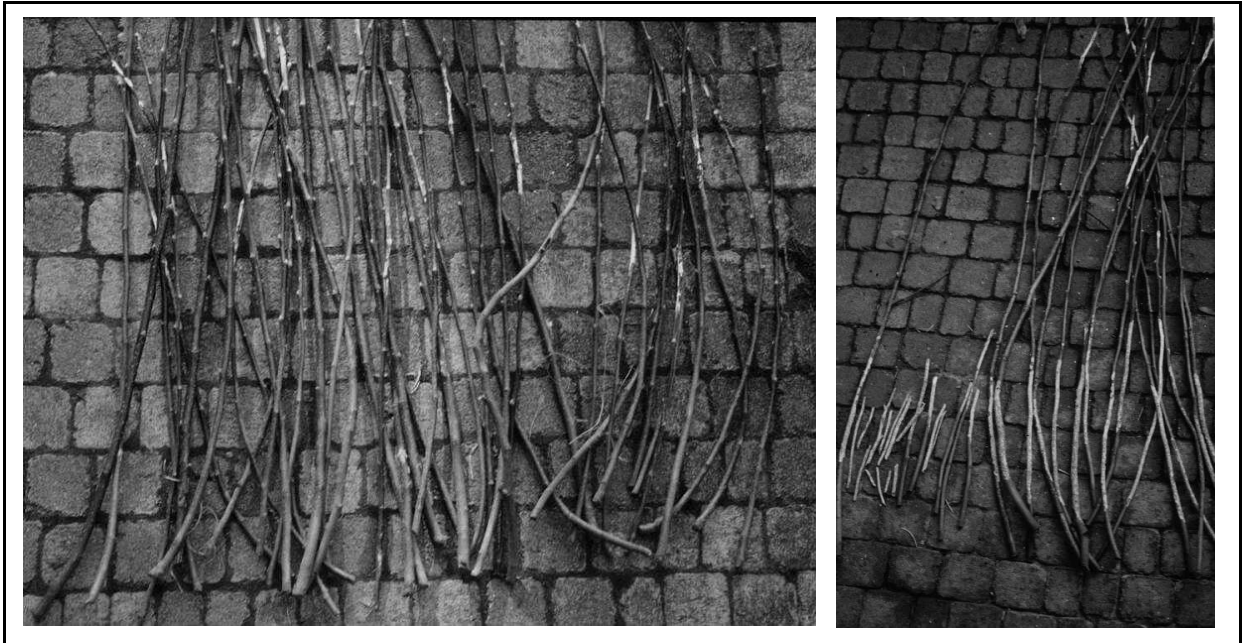
Zur Auswertung nach der Steckholzmethode wurden zwei Parameter herangezogen:

1. Feststellung des nach einer Woche Exposition insgesamt befressenen Anteils Steckhölzer, wobei die Ausmaße der Nageschäden keine Rolle spielen
2. Feststellung des Gesamtschadwertes pro Expositionstag (s. Kap. 1.3.2).

Diese Schadhäufigkeiten und Schadwerte geben ein Bild des von der flächenresidenten Mäusepopulation ausgehenden Fraßdruckes, der nach Abwelken der Bodenvegetation auf dem betreffenden Jungwuchs liegen wird (Abb. 2.4). Ein hoher Anteil befressener Steckhölzer bedeutet dabei nicht, daß auch große Rindenmengen gefressen wurden. Eine vollkommene Übereinstimmung der Trends gibt es nicht. Dennoch geben diese Werte, wenn die Grundbedingungen (Steckholzdimensionen, -frische, -verteilung auf der Fläche und -attraktivität im Verhältnis zum natürlichen Nahrungsangebot) vergleichbar sind, auch bei Wiederholungen in zeitlicher Abfolge ein direkt vergleichbares relatives Bild der Kurzschwanzmauspopulation wieder.

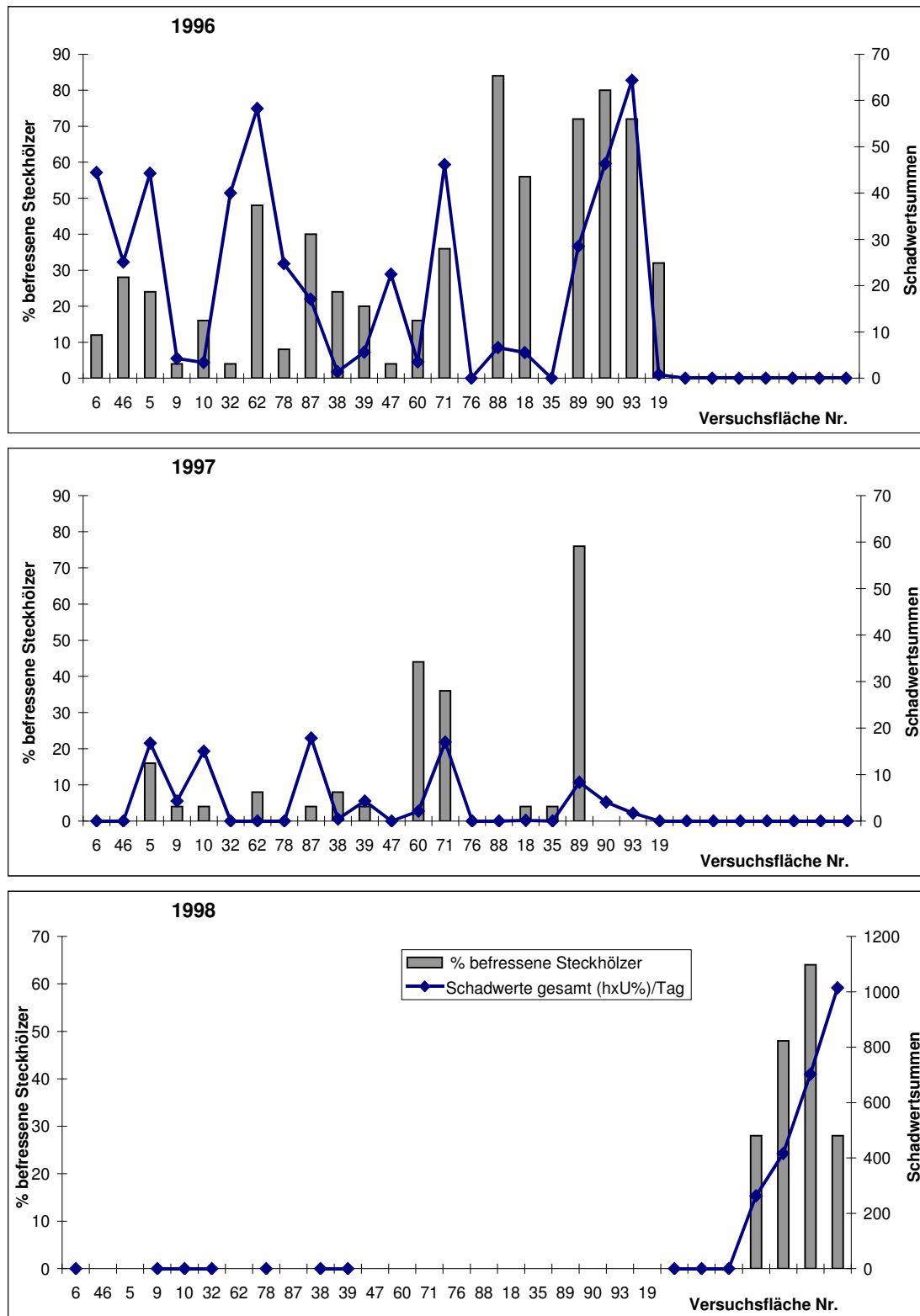


**Abb. 2.4 :** Steckhölzer nach einer Woche Verbleib auf einer sehr stark von Erd- und Rötelmaus besiedelten Fläche, vor einer Bekämpfungsaktion. Helle Bereiche von Kurzschwanzmäusen entrindet.



**Abb. 2.5 :** 14 Tage nach einer Bekämpfung mit Chlorphacinonködern ausgebrachte Steckhölzer nach drei Wochen Verbleib auf derselben Fläche wie in Abb. 2.4 (linkes Foto)

**Abb. 2.6 :** Steckhölzer, die gleichzeitig auf der unbehandelten Vergleichsfläche gestanden hatten :  
> 25% waren nicht mehr wiederzufinden, > 25% waren völlig abgenagt, aber noch auffindbar (rechtes Foto)



**Abb. 2.7 :** Gegenüberstellung der Anteile befallener Steckhölzer ohne Berücksichtigung des Schadensausmaßes (graue Balken) und der an diesen von den Mäusen im Durchschnitt pro Expositionstag verursachte Nageschaden (durch Linien verbundene Punkte) in den Jahren 1996 – 1998.



### 2.1.3 *Verfahrensvergleich*

Von insgesamt 7650 Fallennächten waren im Durchschnitt nur 73% tatsächlich für den Fang von Kurzschwanzmäusen verfügbar, die Extreme lagen bei 22% im schlechtesten und 100% im besten Fall (Abb. 2.2), im Jahresdurchschnitt aller Untersuchungsflächen zwischen 44,5% in 1995 und 89% in 1994 (Tab. 2.1).

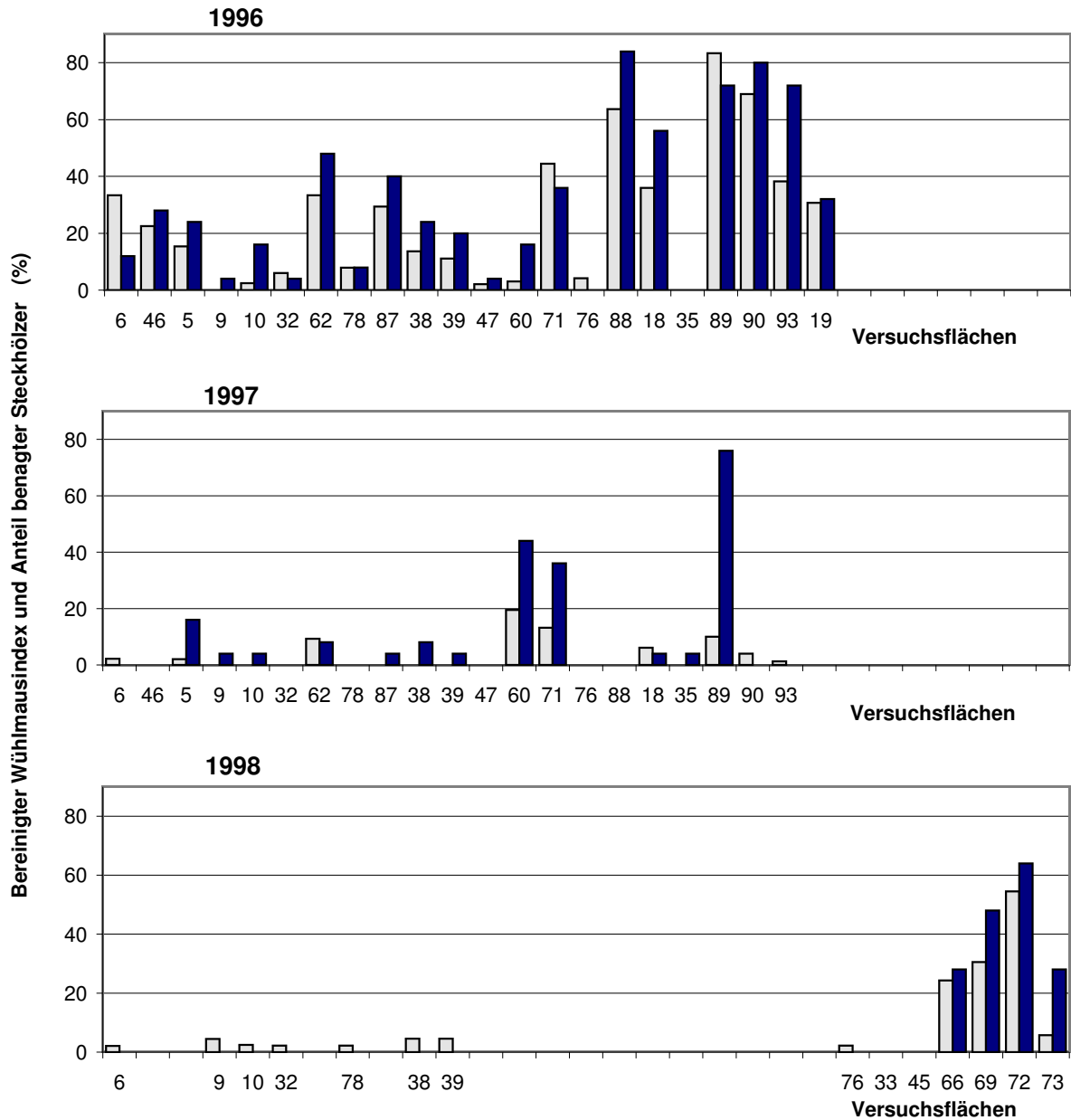
Ein Vergleich der Werte von praxisüblichem und bereinigtem Index-100-Fangnächte ergab als maximale Spanne innerhalb einer Fangserie 30 Kurzschwanzmäuse/100 Fangnächte nach der ersten Methode und 83 Kurzschwanzmäuse/100 Fangnächte nach der zweiten (Abb. 2.3: 1996, Fl.Nr. 89).

In 57 Probefangserien wurden auf 1425 Plätzen im Frühherbst Wasserreiser von Apfel gesteckt und eine Woche lang der Benagung durch die Kurzschwanzmäuse ausgesetzt. Direkt nachfolgend wurden Schlagfallen unter optimalen Bedingungen<sup>7</sup> gestellt. Der Vergleich der Prognoseergebnisse „Prozentsatz befressener Steckhölzer“ mit den bereinigten Fangindizes ergab in den Jahren 1996 und 1998 eine hohe Übereinstimmung (Abb. 2.8), wobei nach der Steckholzmethode oft höhere Werte resultierten; in 1997, einem Jahr mit allgemein niedrigen Mäuseabundanz, zeigten die Steckhölzer auf den Flächen 5, 71 und 89 sogar eine akute Gefährdung der Kultur (nahe oder >20% der Zweige nach 1 Woche benagt), die durch die Fallenfänge nicht so deutlich erkennbar war (zur Schadschwellenfestlegung siehe Diskussion S. 109 f).

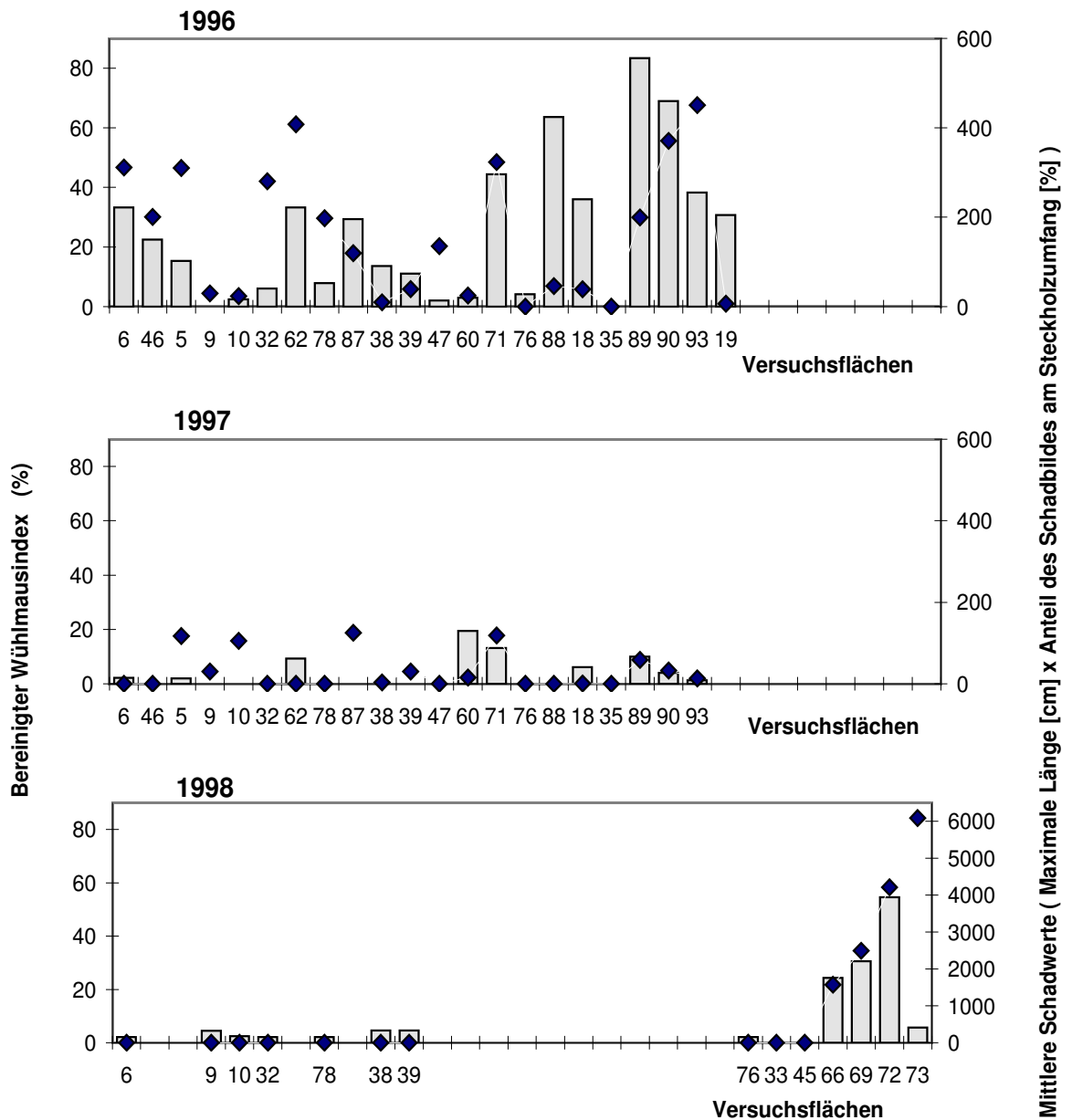
Bei sehr niedrigen Populationsdichten der Mäuse versagte aber auch die Steckholzmethode - zumindest bei Expositionsperioden von nur einer Woche.

Es bestand keine Korrelation zwischen dem Index „Mittlerer Schadwert je Expositionstag“ an den Steckhölzern und dem bereinigten Wühlmausindex (s. Abb. 2.9).

<sup>7</sup> ) Trockenes Wetter, für Kurzschwanzmäuse geeignetes Biotop, gut funktionierende, vorkonditionierte Fallen, weiße kernlose Rosinen als attraktive und dabei selektive Köder, geübtes Fang- und Kontrollpersonal



**Abb. 2.8:** Gegenüberstellung der Prognoseparameter „Bereinigter Wühlmausindex“ (Helle Säulen) und „Prozentanteil von Mäusen benagter Steckhölzer nach einer Woche Exposition“ (Dunkle Säulen)



**Abb. 2.9:** Gegenüberstellung der Prognoseparameter „Bereinigter Wühlmausindex“ (Säulen, linke Y-Achse) und „Mittlerer Schadwert je Expositionstag“ an den Steckhölzern (Rauten, rechte Y-Achse). Achtung: 1998 anderer Maßstab für Schadwerte!

## 2.2 Mäusenageschäden

### 2.2.1 Auftreten und Verteilung bei verschiedenen Laubbaumarten

Von den oberirdisch fressenden forstschädlichen Kurzschwanzmäusen werden neben Lärche und Douglasie in erster Linie Laubbaumarten befressen (BERGERON et al. 1998, BUCYANAYANDI et al. 1992, EDSTEDT 1979, HANSSON 1994, PUSENIUS et al. 2002, SWOBODA 1978, ULOTH 1961). An sonstigen heimischen und exotischen Nadelholzarten kommt Mäuse-Rindenfraß vor, ist aber ohne wirtschaftliche Bedeutung. Dies spiegelte sich auch in den Rückmeldungen der südniedersächsischen Forstämter auf die Umfrage Anfang 1993 nach frischen Mäusenageschäden wider. Es wurden ausschließlich Laubholzkulturen als geschädigt gemeldet. Die Aufnahmen der Nageschäden, wie sie sich in den folgenden Diagrammen darstellen, lassen klare Präferenzen der Mäuse erkennen (Abb. 2.10 - 2.16). Von den untersuchten Baumarten nehmen die Spitze der Präferenzliste Hainbuche (*Carpinus betulus*), Speierling (*Sorbus domestica*), Wildapfel (*Malus sylvestris*), Eiche (*Quercus robur*), Kirsche (*Prunus avium*) und Esche (*Fraxinus excelsior*), gefolgt von Buche (*Fagus sylvatica*) ein. Überhaupt nicht von den Mäusen angenommen wurde auf den untersuchten Flächen der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*). Andere Laubbaumarten, z.B. Salweiden (*Salix caprea*), kamen auf den als mäusegeschädigt gemeldeten Flächen in so geringen Stückzahlen vor, daß über ihre Stellung in der Präferenzliste keine Aussage gemacht werden kann. Daneben fanden sich befressene Lärchen (*Larix decidua*), Mammutbäume (*Sequoiadendron giganteum*) und Fichten (*Picea abies*). Vor allem die Mammutbäume waren stark benagt.

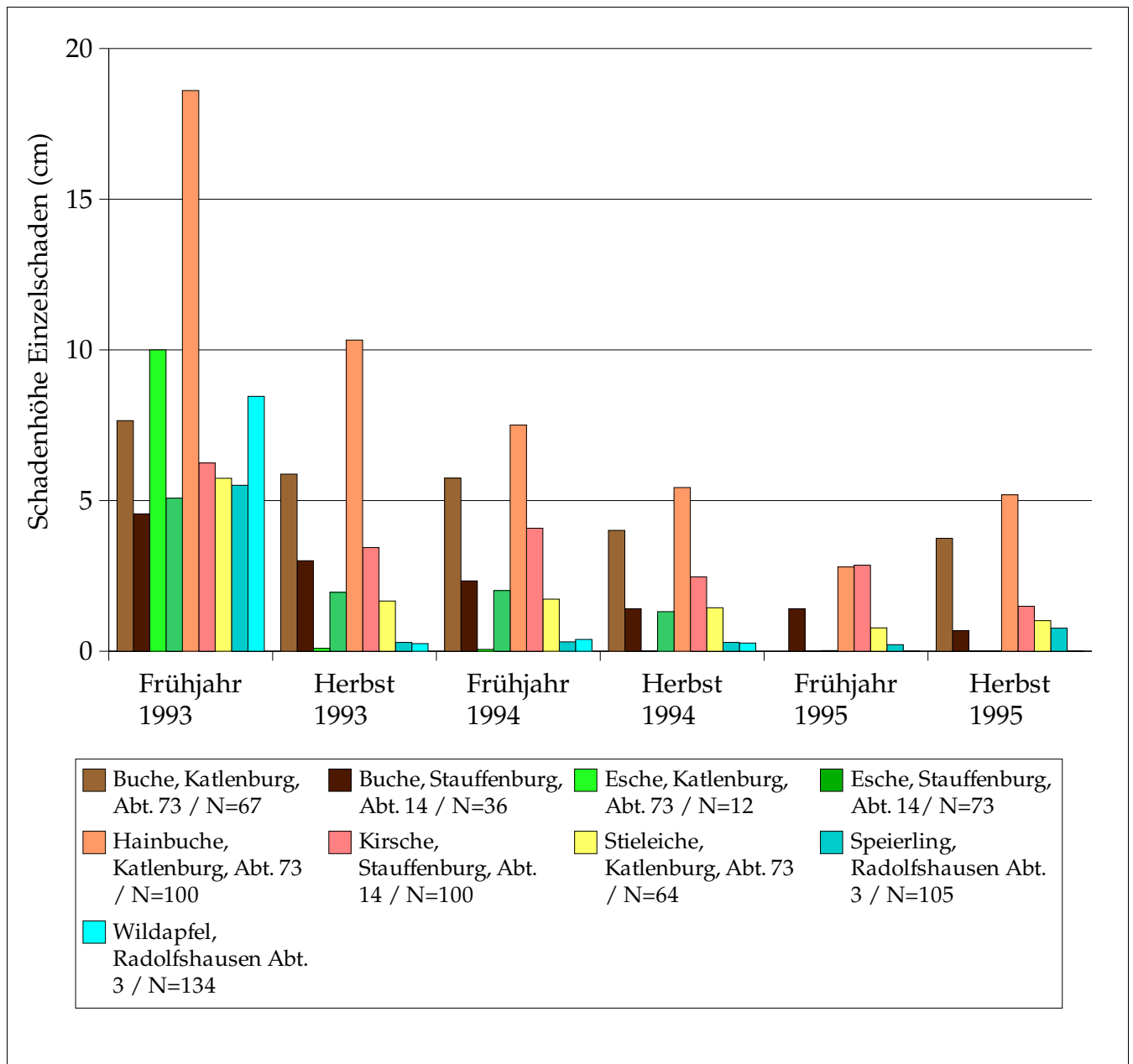
### 2.2.2 Schadensentwicklung und Reaktion der Jungpflanzen

In der Fraßperiode Herbst/Winter 1992/93 von Kurzschwanzmäusen benagte Bäume wurden an drei Forstorten in Südniedersachsen während der Jahre 1993-1995 jeweils im Frühjahr und Herbst untersucht<sup>8</sup>. Die Reaktion der

---

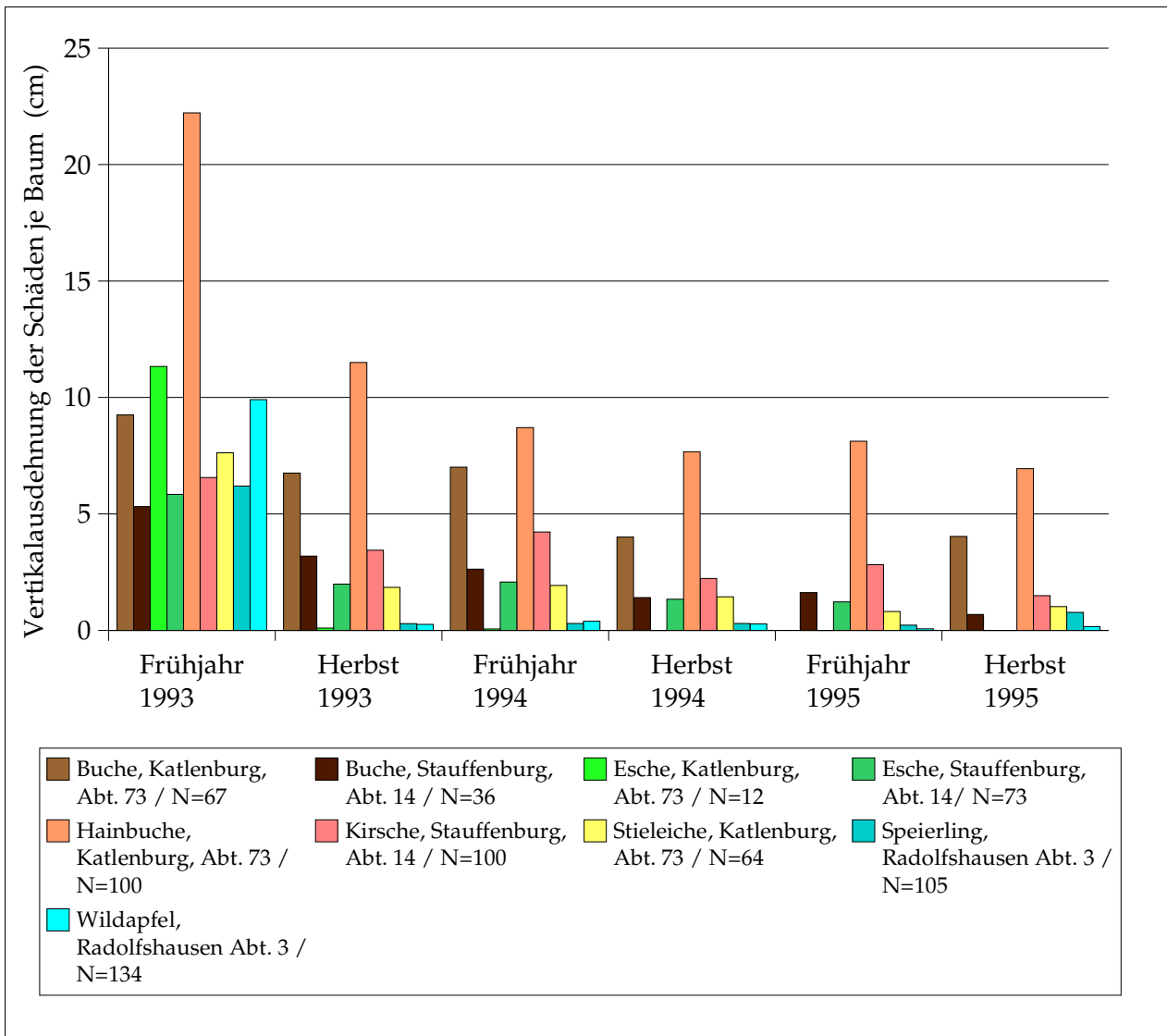
<sup>8</sup> ) Aufnahmen Speierling (Fl.Nr. 65) und Naturverjüngung Buche in Stauffenburg (Fl.Nr. 77 und 78) vom Herbst 1993 und Herbst 1994 nicht berücksichtigt

Bäume wurde anhand der Schadensausmaße gemessen sowie die Absterberaten protokolliert.



**Abb. 2.10:** Durchschnittliche *Schadenshöhe* der Mäusenageschäden *je Schaden* bei verschiedenen Baumarten. Aufnahmen jeweils vor Laubaustrieb und nach Abschluß des Wachstums. Nur Pflanzen, die im Frühjahr 1993 geschädigt waren, aber noch lebten, sind in der Darstellung berücksichtigt.

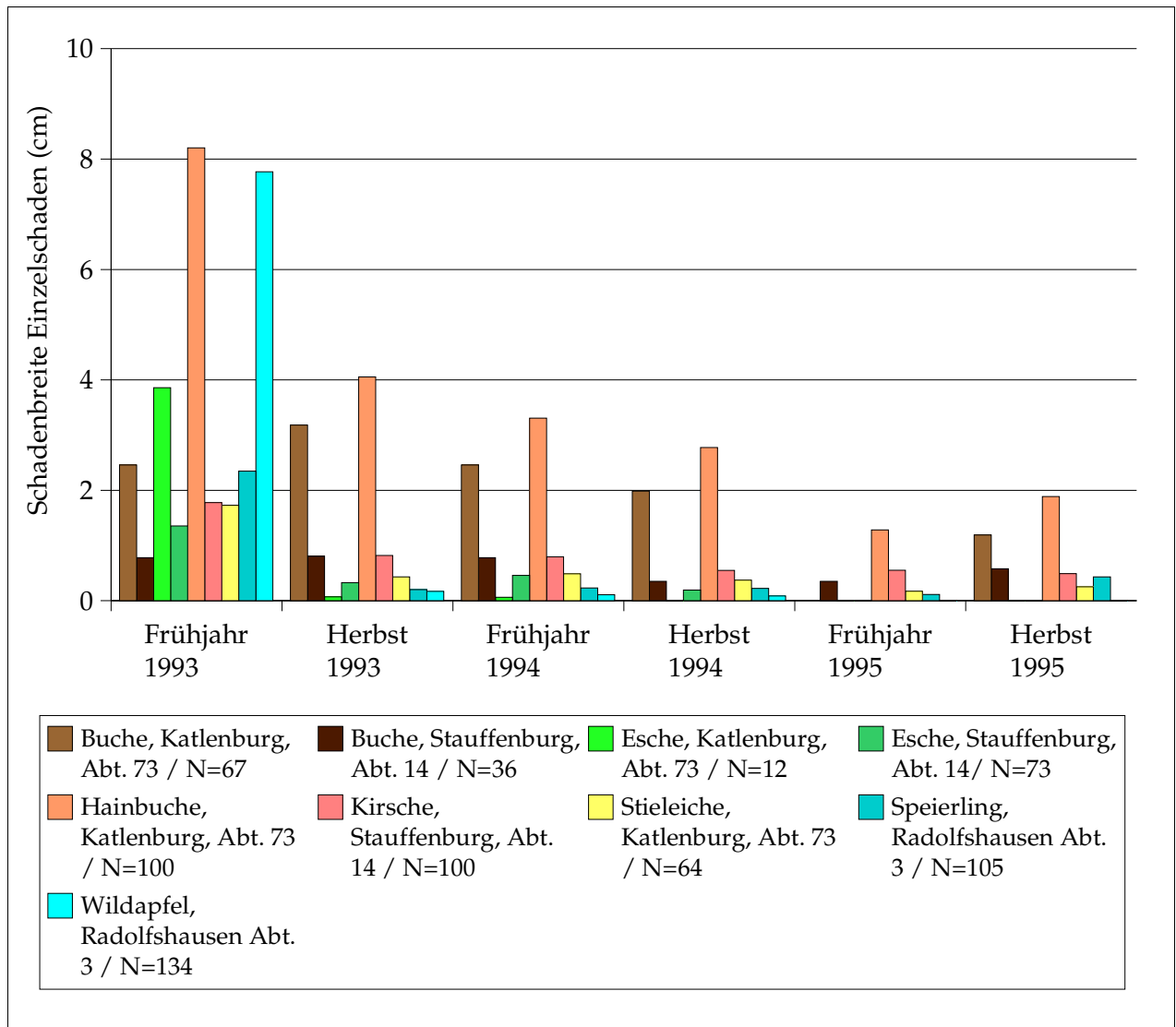
Baumartenabhängig wurden große Unterschiede im Reaktionsvermögen festgestellt. Die stark befressenen Baumarten Wildapfel und Esche vermochten in der Regel aus den benagten Oberflächen heraus das Holz wieder mit Rinde zu verschließen, ohne die benagte Fläche von den Rändern her zu überwallen. Ob der Baum nur in Teilen seines Umfanges befressen oder vollständig



**Abb. 2.11 :** Durchschnittliche Vertikalausdehnung der Mäusenageschäden je Baum bei verschiedenen Baumarten. Aufnahmen jeweils vor Laubaustrieb und nach Abschluß des Wachstums. Nur Pflanzen, die im Frühjahr 1993 Aufnahme geschädigt waren, aber noch lebten, sind in der Darstellung berücksichtigt.

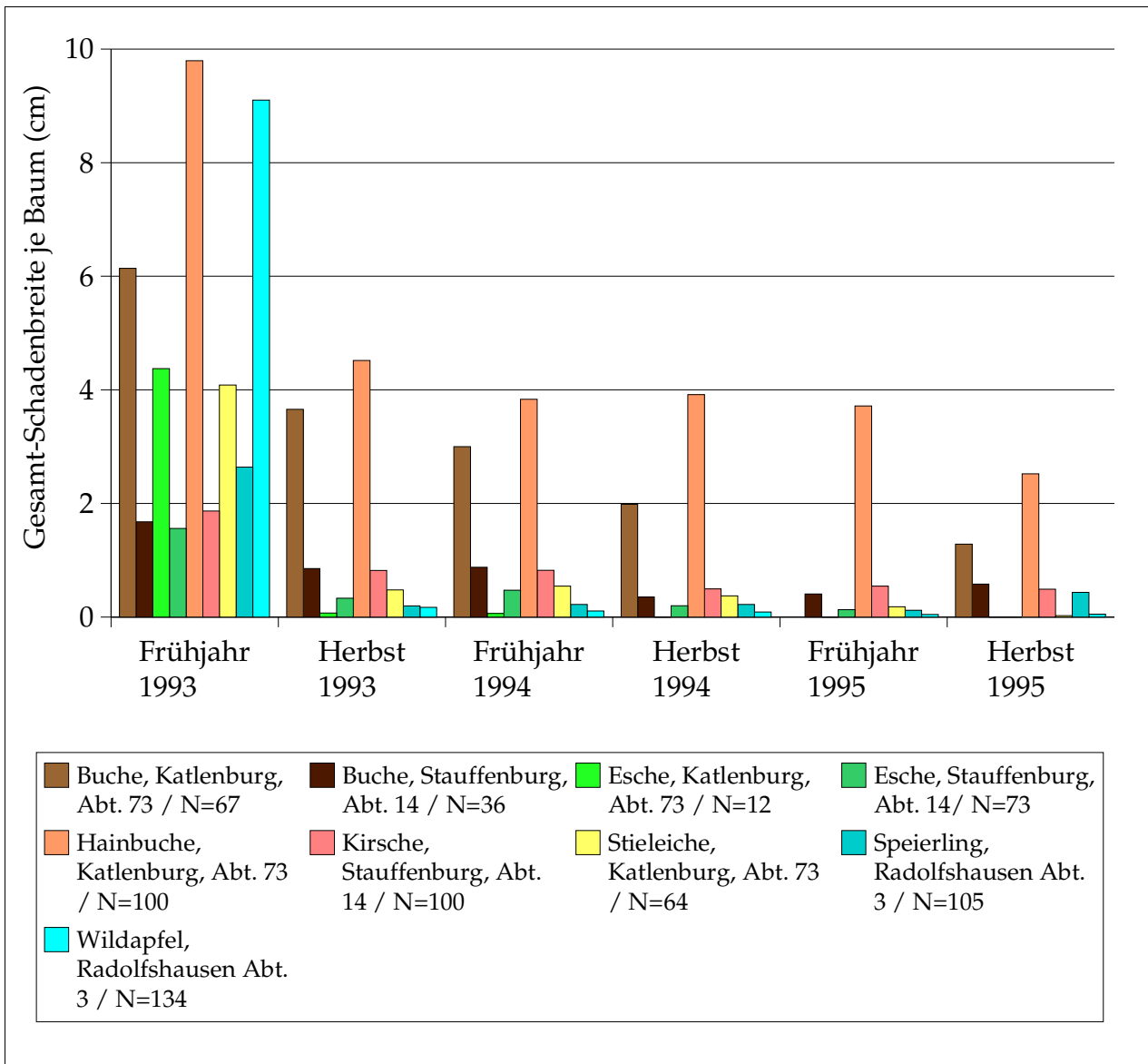
geringelt war, war bei diesen beiden Baumarten nahezu gleichgültig solange sich die Fraßstelle im unteren, vor der Sonne geschützten Stammbereich befand.

Eiche, Buche und Hainbuche verfügen über ein gutes Überwallungsvermögen solange keine vollständige Ringelung vorliegt, allerdings ist dies vor allem bei Hainbuche und Buche oft der Fall. Bei diesen beiden Arten, zusammen mit Speierling, sind die Ausfälle am höchsten. Das geringste Überwallungsvermögen zeigten Speierling und Wildkirsche. In vertikaler Richtung werden die Schäden langsamer ausgeheilt als in horizontaler, die Hauptüberwallung findet bei den überwallenden Baumarten von den Seitenrändern her statt. Die Heilungsentwicklung des Gesamtschadens je Baum verläuft weitgehend parallel zu derjenigen der Einzelschäden.



**Abb. 2.12:** Durchschnittliche **Horizontalausdehnung** der Mäusenageschäden je Schaden bei verschiedenen Baumarten. Aufnahmen jeweils vor Laubaustrieb und nach Abschluß des Wachstums. Nur Pflanzen, die im Frühjahr 1993 geschädigt waren, aber noch lebten, sind in der Darstellung berücksichtigt.

Entscheidend für das Überleben eines Baumes sind Grad und vertikale Ausdehnung der Ringelung. Selbst bei vollständiger Ringelung sterben die oberirdischen Sproßteile nicht sofort ab. Da der Transport von Wasser und Reservestoffen zur Versorgung des Sprosses im Splint erfolgt, treiben derart geschädigte Gehölze fast normal aus und versuchen wieder eine Rindenverbindung zwischen Sproß und Wurzel herzustellen, was bei Schadenshöhen unter vier Zentimetern auch in vielen Fällen gelingt, da selbst kleinste Bastreste als „Überwallungsnuclei“ aktiviert werden.



**Abb. 2.13:** Durchschnittliche *Horizontalausdehnung* der Mäusenageschäden je Baum bei verschiedenen Baumarten. Aufnahmen jeweils vor Laubaustrieb und nach Abschluß des Wachstums. Nur Pflanzen, die im Frühjahr 1993 geschädigt waren, aber noch lebten, sind in der Darstellung berücksichtigt.

In Fällen einer zu großen Vertikalausdehnung der Ringelung versuchen viele Pflanzen durch oberhalb der Schadstelle aus dem Kallusgewebe sproßende Adventivwurzeln wieder Bodenverbindung zu bekommen. Dies gelingt aber nur in sehr seltenen Fällen, da die Adventivwurzeln einer hohen Austrocknungsgefahr ausgesetzt und ebenso wie das faserarme und nährstoffreiche Kallusgewebe ausgesprochen attraktiv für Mäuse sind (s. Abb. 2.14).

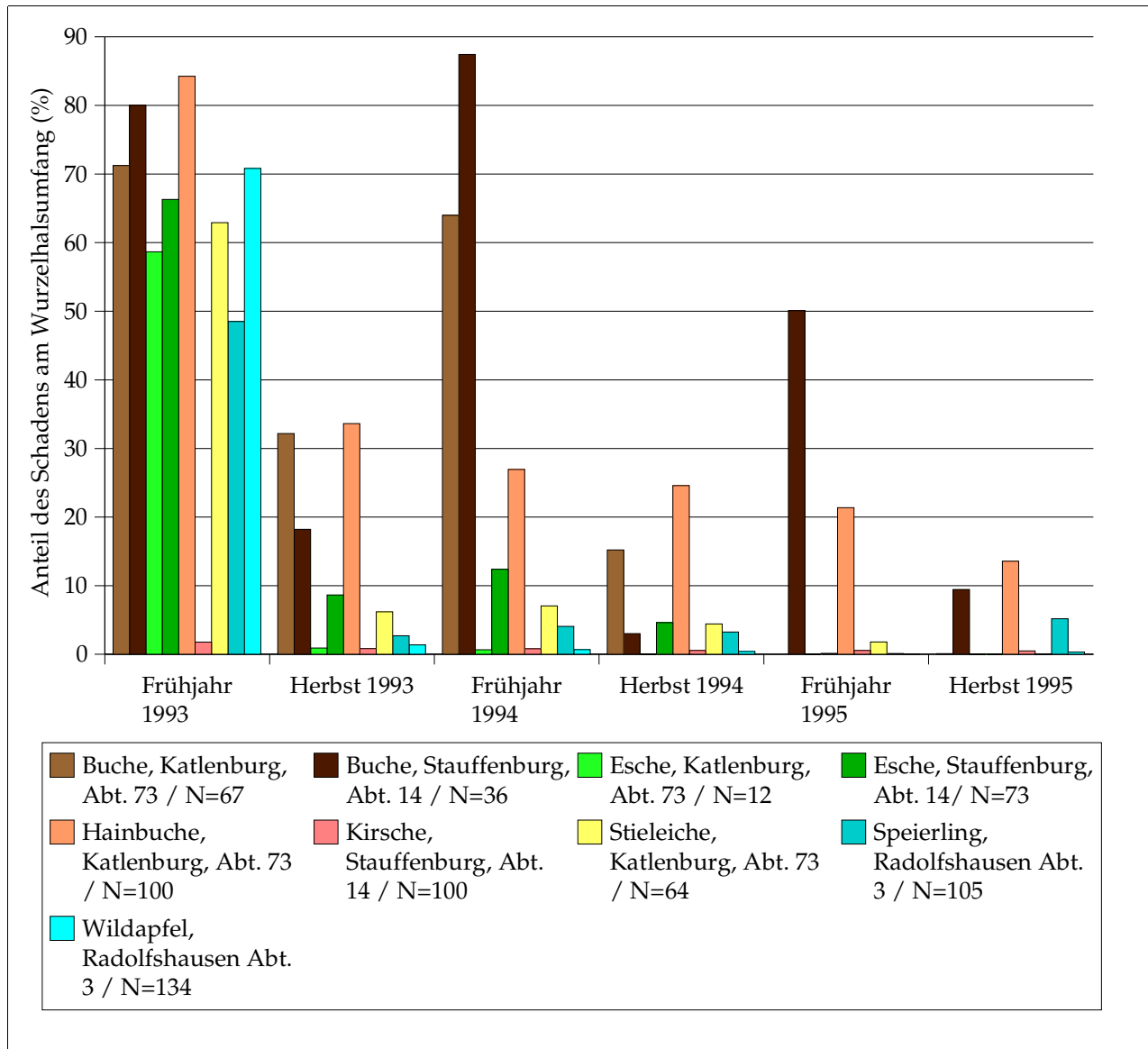




**Abb.: 2.14 :** Reaktionen der Bäume auf Mäuse-Nageschäden:

oben: von links nach rechts: Überwallung bei Buche; Adventiwurzelbildung bei Kirsche, der Anschluß an das Erdreich ist gelungen;

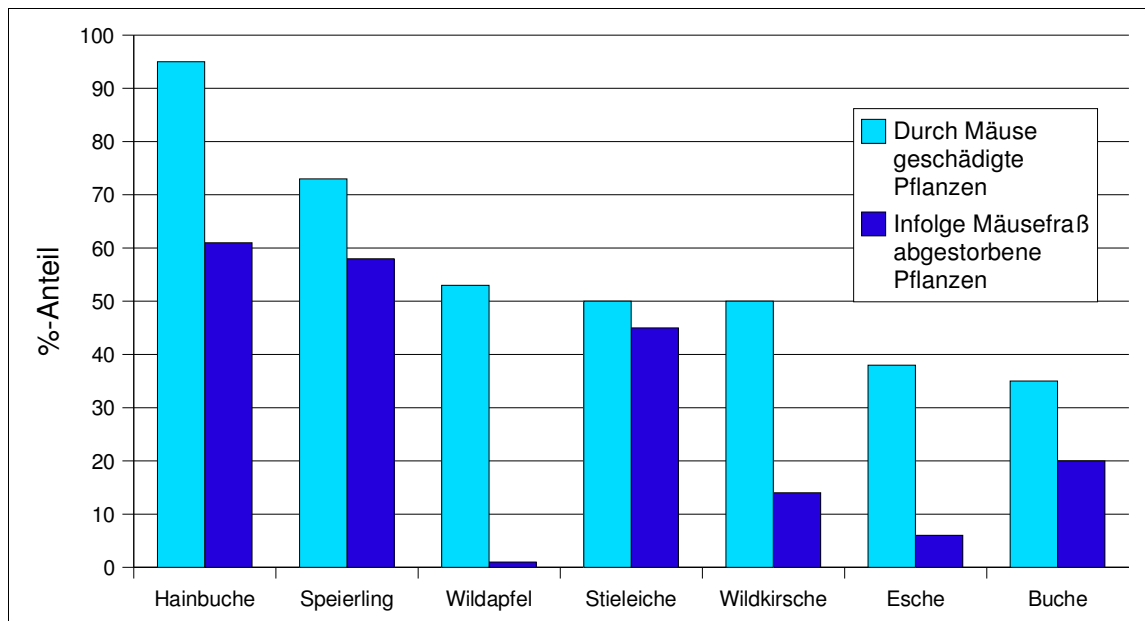
unten: Adventiwurzelbildung; von links nach rechts: frische Adventiwurzeln; Adventiwurzeln teilweise benagt, teilweise eingetrocknet; erneute starke Benagung nach erfolgreicher Adventiobewurzelung – alles Buche



**Abb. 2.15:** Durchschnittlicher Prozentanteil des Gesamt-Nageschadens am Umfang des Wurzelhalses bei verschiedenen Baumarten. Aufnahmen jeweils vor Laubaustrieb und nach Abschluß des Wachstums. Nur Pflanzen, die im Frühjahr 1993 geschädigt waren, aber noch lebten, sind in der Darstellung berücksichtigt.

In der zweiten Vegetationsperiode nach der Ringelung war der Austrieb bereits stark gedämpft, da die Wurzelreserven nicht wieder aufgestockt werden konnten. Ein Teil der Bäume starb im Laufe des Sommers, einige trieben aber auch im folgenden (und in Ausnahmefällen sogar im vierten) Jahr nach Schadenseintritt noch einmal aus, bevor der oberirdische Sproß abstarb. Unterhalb der Schadstelle treibende Adventivsprosse haben schlechte Überlebenschancen, wenn der Originalsproß mit ihnen um Wasser und

Nährstoffe konkurriert. Auch sie werden bevorzugt von Mäusen abgefressen und sind stark trockenisgefährdet.



**Abb. 2.16 :** Zusammenfassung der Schädigungsgrade durch Kurzschwanzmäuse und dadurch bedingte Absterberaten bei Jungpflanzen von sieben verschiedenen Baumarten

Hinsichtlich des Schadensausmaßes lag nach Tab. 2.2 und Abb'n. 2.10 - 2.13 die Hainbuche mit 95% geschädigter und 61% abgestorbener Pflanzen an erster Stelle, gefolgt vom Speierling mit 73% geschädigter und 58% abgestorbener Pflanzen. Wildapfel war zu 53%, Kirsche und Stieleiche zu jeweils 50% geschädigt; 45% der Stieleichen, aber nur 14% der Kirschen bzw. 1,2% der Wildäpfel starben ab. Eschen waren zu 38% geschädigt, jedoch starben nur 6% infolge der Mäuseschäden ab. Buchen lagen mit 35% geschädigter Pflanzen auf dem letzten Platz der Schadenshäufigkeiten, mit 20% abgestorbener Pflanzen aber immer noch auf Platz fünf der sieben untersuchten Baumarten.

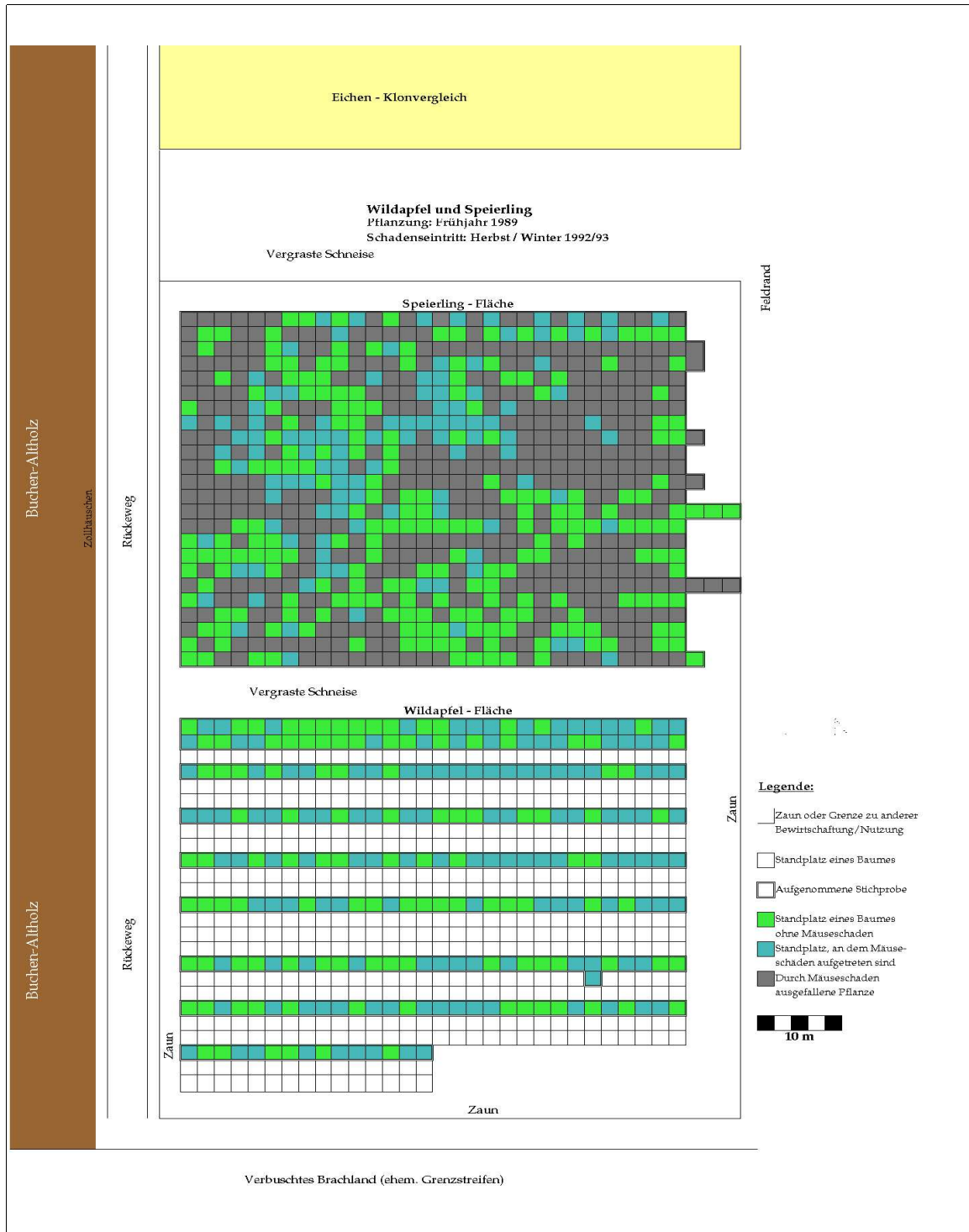
**Tab. 2.2 :** Zusammenfassung der Nageschadenbeobachtungen nach Aufnahme­flächen und Baumarten.

„N Stichprobe“ umfasst alle aus Pflanzung und Naturverjüngung stammenden Bäume, einschließlich der schon bei der Erstaufnahme im Frühjahr 1993 infolge Mäusefraß' abgestorbenen. „Geschädigte, lebend“ stellt den Ausgangszustand (Frühjahr 1993) dar, „Durch Mäusefraß abgestorben“ denjenigen im Herbst 1995, 3 Jahre nach Schadenseintritt.

Baumart	Aufnahmemerkmale	Probeflächen			Summe je Baumart
		Radolfs- hausen	Katlenburg	Stauffen- burg	
Buche	N Stichprobe	-	517	131	<b>648</b>
	Geschädigte, lebend	-	67 (13%)	33 (25.2%)	<b>100 (15.4%)</b>
	Durch Mäusefraß abgestorben	-	114 (22.1%)	17 (13%)	<b>131 (20.2%)</b>
Esche	N Stichprobe	-	23	244	<b>267</b>
	Geschädigte, lebend	-	12 (52.2%)	73 (29.9%)	<b>85 (31.8%)</b>
	Durch Mäusefraß abgestorben	-	0	16 (6.6%)	<b>16 (6%)</b>
Hainbuche	N Stichprobe	-	285	-	<b>285</b>
	Geschädigte, lebend	-	100 (35.1%)	-	<b>100 (35.1%)</b>
	Durch Mäusefraß abgestorben	-	173 (60.7%)	-	<b>173 (60.7%)</b>
Kirsche	N Stichprobe	-	-	278	<b>278</b>
	Geschädigte, lebend	-	-	100 (36%)	<b>100 (36%)</b>
	Durch Mäusefraß abgestorben	-	-	40 (14.4%)	<b>40 (14.4%)</b>
Stieleiche	N Stichprobe	-	1238	-	<b>1238</b>
	Geschädigte, lebend	-	64 (5.2%)	-	<b>64 (5.2%)</b>
	Durch Mäusefraß abgestorben	-	557 (45%)	-	<b>557 (45%)</b>
Speierling	N Stichprobe	709	-	-	<b>709</b>
	Geschädigte, lebend	105(14.8%)	-	-	<b>105 (14.8%)</b>
	Durch Mäusefraß abgestorben	411(58%)	-	-	<b>411 (58%)</b>
Wildapfel	N Stichprobe	255	1	3	<b>259</b>
	Geschädigte, lebend	134 (52.5%)	1	1	<b>136 (52.2%)</b>
	Durch Mäusefraß abgestorben	3 (1.2%)	0	0	<b>3 (1.2%)</b>
<b>Summe aller Baumarten</b>	<b>N Stichprobe</b>	<b>964</b>	<b>2064</b>	<b>656</b>	<b>3684</b>
	<b>Geschädigte, lebend</b>	<b>239 (24.8%)</b>	<b>244 (11.8%)</b>	<b>207 (31.6%)</b>	<b>690 (18.7%)</b>
	<b>Durch Mäusefraß abgestorben</b>	<b>414 (42.9%)</b>	<b>844 (40.9%)</b>	<b>73 (11.1%)</b>	<b>1331 (36.1%)</b>

## 2.3 Verteilung der Schäden im Gelände

### 2.3.1 Schadmuster



**Abb. 2.17)** Übersichtskarte Versuchsfelder 64 und 65 (Radolfshausen, Abt. 3), Bepflanzung oben: Speierling, unten: Wildapfel. Stichprobe Speierling: Vollaufnahme, Wildapfel: 9 von 25 Reihen. Durch Mäuse geschädigte Pflanzen wurden individuell nummeriert. Standplätze ungeschädigter Pflanzen hellgrün, geschädigter Bäume türkis, Ausfälle dunkelgrau unterlegt.

Aus dem oberen Teil von Abb. 2.17 (Speierling) sind deutliche Häufungen in Auftreten und Schwere der Mäusenageschäden zu erkennen. Am stärksten fällt der räumliche Zusammenhang zwischen Feldkante und Schadflächen auf. Aber auch zum Waldrand hin sind die Schäden sehr ausgeprägt. Da die Fläche als ehemaliger Acker edaphisch sehr einheitlich ist, was sich auch in der Gleichförmigkeit der Begleitvegetation ausdrückte, ist anzunehmen, daß der höhere Nagedruck in den Randbereichen auf Tiere zurückzuführen ist, die zumindest in der Vegetationsperiode teilweise außerhalb der Kulturfläche lebten.

Ähnliches zeichnet sich in den aufgenommenen Pflanzreihen beim Wildapfel ab (Abb. 2.17, unten).

Bei den Aufnahmen der Nageschäden in Versuchsfläche Nr. 27 (Aufnahmeskizze im Anhang A.3.1), einer Buchenerstaufforstung mit blockweiser Beimischung von Bergahorn und Lärche auf Pflugstreifen, fiel hinsichtlich der Verteilung der Schäden besonders auf, daß die erste aufgenommene Buchenreihe (die zweite Reihe zur Flächengrenze, dahinter liegen ein Rückeweg und ein Altbestand aus Lärche, Fichte und Eiche), keine Schäden aufwies, während im Bestandesinneren teilweise schwere Schäden auftraten.

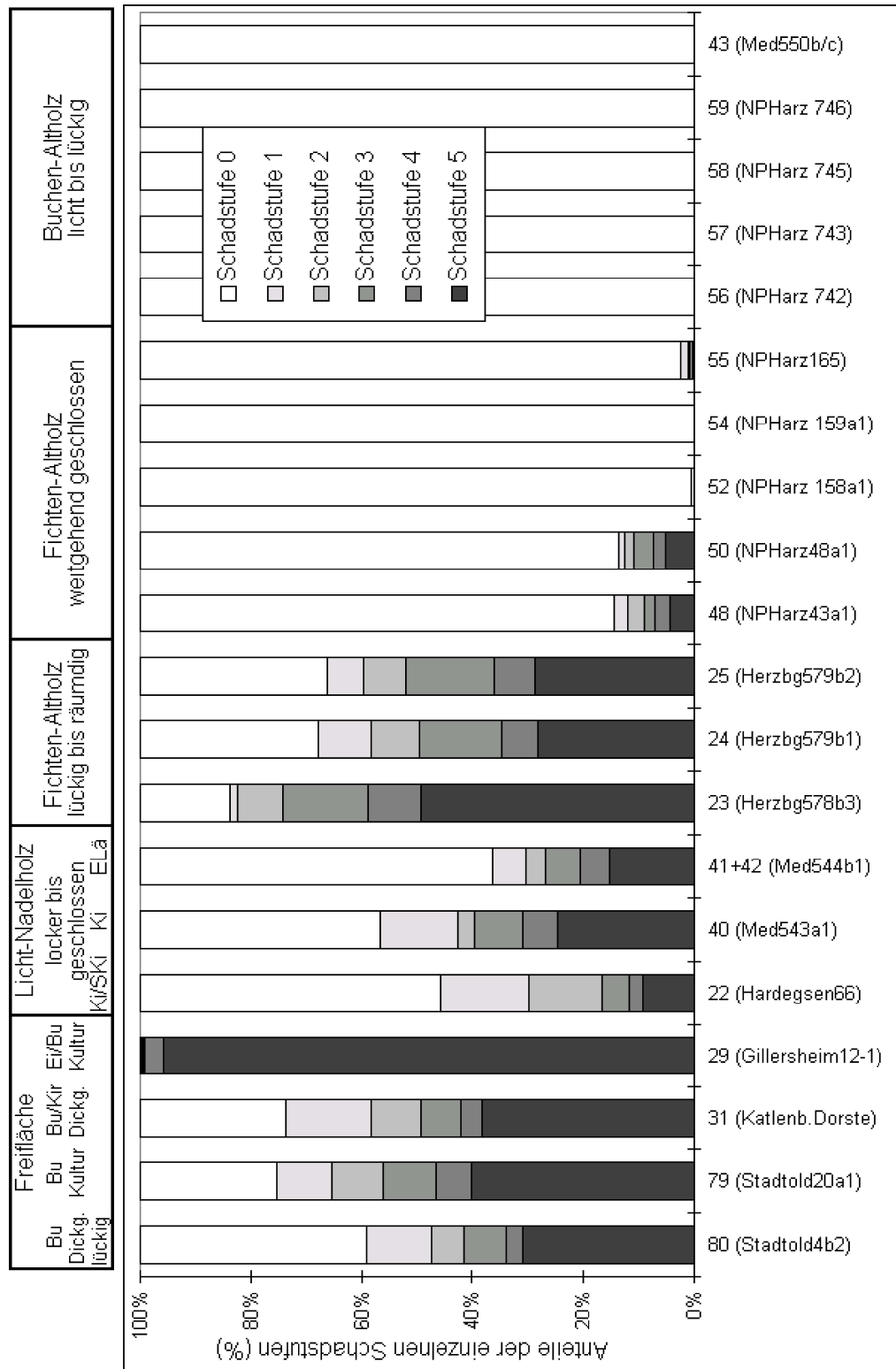
### *2.3.2 Auftreten von Nageschäden in Abhängigkeit von den Überschildungsverhältnissen*

#### *2.3.2.1 Schadaufnahmeplots*

Auf 20 verschiedenen Flächen mit jungen Buchenpflanzungen, teilweise unter dem Schirm unterschiedlicher Altbestände, teilweise auf der Freifläche wurden 1996 unterschiedlich starke Schädigungen durch Kurzschwanzmäuse festgestellt. Eine Differenzierung nach Mäusearten erfolgte dabei nicht, die beiden Arten Erd- und Rötelmaus waren je nach Fläche unterschiedlich stark am Schadeschehen beteiligt. In Medingen (Fl. Nr. 40-42) handelte es sich praktisch ausschließlich, in Stadtoldendorf (Fl. Nr. 80) überwiegend um Rötelmausschäden, auf allen anderen Flächen dominierte die Erdmaus als Schadverursacher.

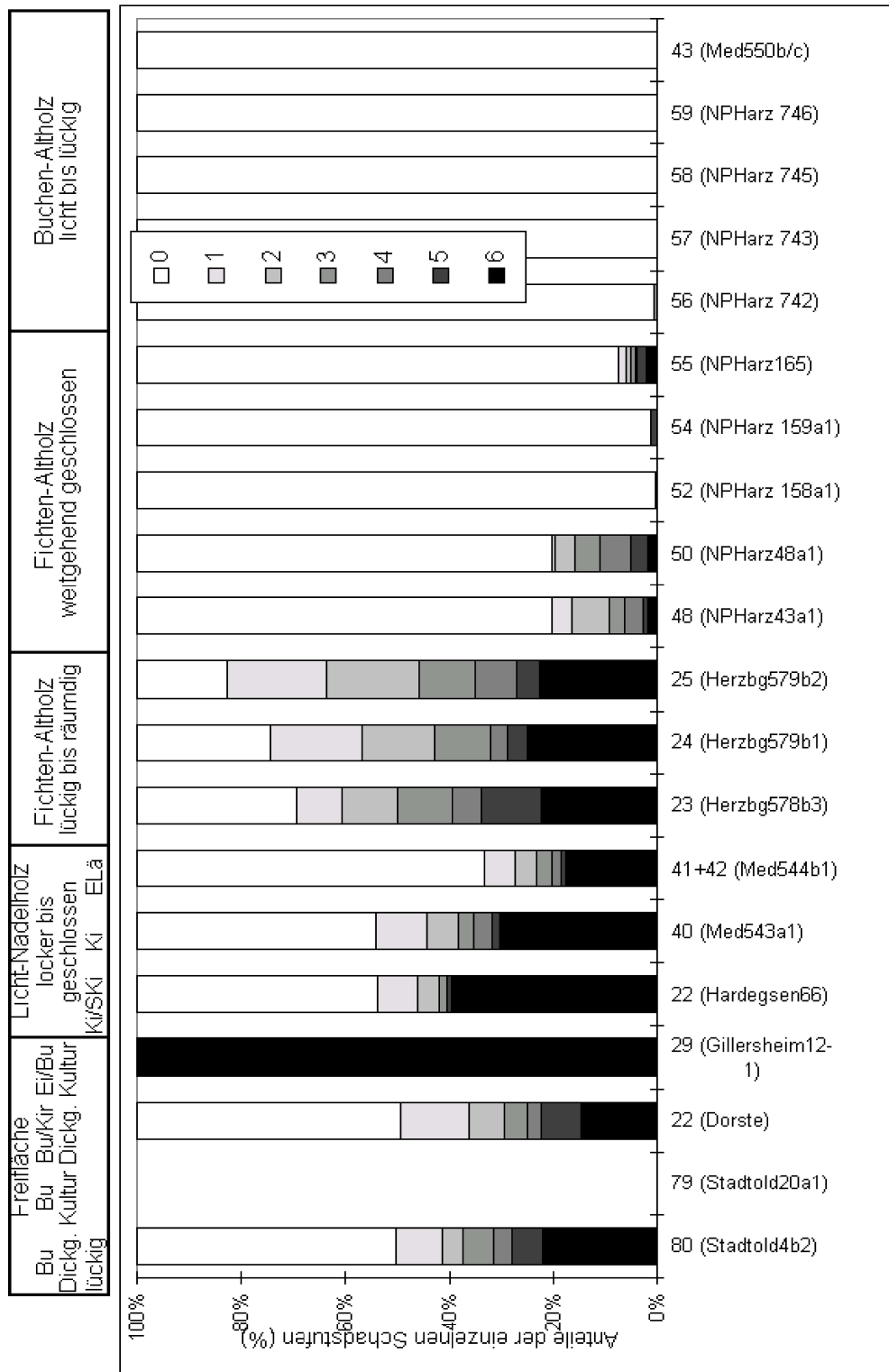
Es lag ein deutlicher Zusammenhang zwischen Schädigungsgrad und Überschildungssituation vor: sehr starke Schädigungen traten auf der Freifläche und unter räumdigem Fichtenschirm auf, starke Schäden unter einem Schirm von Lichtnadelhölzern (Kiefer oder Lärche) und unter lückigem bis räumdigem Fichtenschirm, geringe Schäden unter weitgehend geschlossenem Fichtenschirm. Überhaupt keine Schäden waren auf den fünf Flächen mit Buchenschirm zu verzeichnen, und zwar unabhängig von deren Bestockungsgrad (von licht bis lückig, s. Abb 2.18).

Um nicht nur den aktuellen Zustand in der Vegetationsperiode nach dem Schadwinter zu registrieren, wurden dieselben Flächen im Folgejahr noch einmal aufgenommen. 1997 waren von den am stärksten geschädigten Buchenpflanzen viele bereits zumindest oberirdisch abgestorben. Auf einer Freiflächenkultur (Fl. Nr. 29) waren über 98% der Pflanzen ausgefallen. Die Kultur mußte vollständig wiederholt werden (s. Abb. 2.19), auf den übrigen stark geschädigten Flächen lagen Ausfälle zwischen 15 % und 38% der Pflanzen vor. Bei Pflanzen, die nicht geringelt oder abgefressen waren, hatte bereits eine deutliche Erholung in Form von Überwallung eingesetzt.



**Abb. 2.18 :** Zusammenfassung der Schadstufenanteile an jungen Buchen aller im Plotverfahren aufgenommenen Flächen, geordnet nach Überschirmungstyp und Schadensausmaß. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 – 50%, 3 = 50 -75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt. Zeitpunkt des Schadenseintritts: Herbst/Winter 1995/96. Aufnahme: Frühjahr-Frühsummer 1996





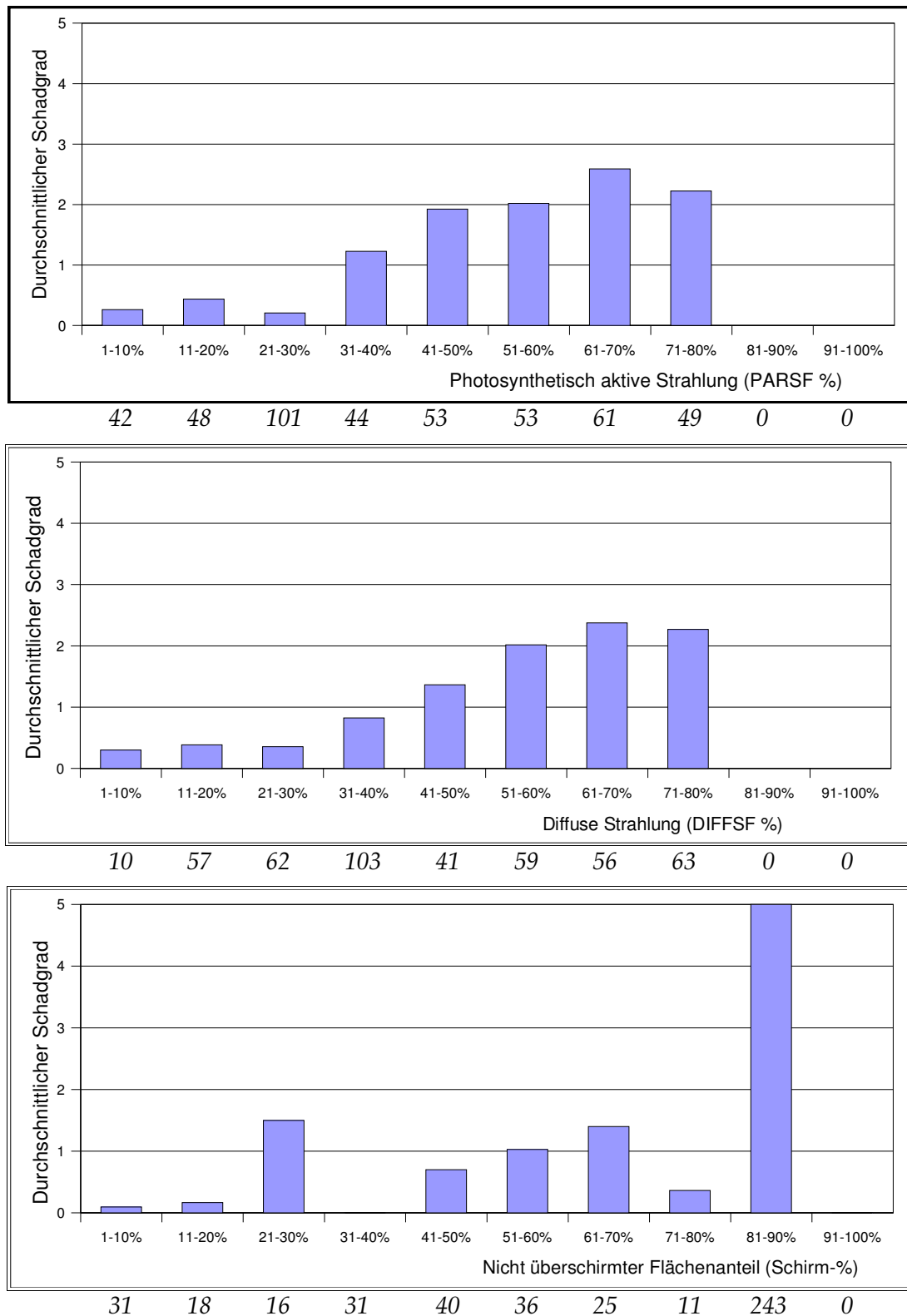
**Abb. : 2.19:** Zusammenfassung der Schadstufenanteile an jungen Buchen aller im Plotverfahren aufgenommenen Flächen, geordnet nach Überschirmungstyp und Schadensausmaß. **Zeitpunkt des Schadenseintritts: Herbst/Winter 1995/96.** Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben. **Aufnahme: Sommer 1997**

### **2.3.2.2 Sternförmige Taxationslinien**

Bei der Linientaxation waren die Beleuchtungsstufen bis zur Stufe 71-80% sowohl für den PARSF als auch für den DIFFSF relativ gleichmäßig vertreten (mit einer Überrepräsentanz des Bereichs 21-30% beim PARSF und 31-40% beim DIFFSF). Auffällig ist, daß kein Wert über 80% des vollen Lichtgenusses hinausging, obwohl nach okularer Einschätzung und Anteil nicht von Vegetation abgedecktem Zenit auf den Fisheye-Fotos in vielen Fällen Freiflächenverhältnisse vorlagen.

Bei der Zuordnung der Schäden - nach durchschnittlichem Schadgrad aller bonitierten Forstpflanzen (s. Kap. 1.4.3, S. 16), nicht nach der Häufigkeit der Schäden - zu den Lichtgenußklassen ließ sich ein fast linearer Zusammenhang erkennen: bis 30% der Freiflächenwerte blieben die Mäuseschäden im Durchschnitt weit unter Schadgrad 1, also unter 25% vom Umfang. Ab 40% Lichtgenuß stiegen sie auf nahe 1 bei dem DIFFSF und etwas über 1 beim PARSF. Erst ab 50% DIFFSF bzw. 40% PARSF erreichten die Schäden Durchschnittswerte um Schadgrad 2, also 25-50% vom Stammumfang entrindet (Abb. 2.20).

Die beiden Grafiken DIFFSF und PARSF in Abb. 2.20 lassen aus den Durchschnittsschadwerten keine Verluste erwarten. Daß überhaupt in größerem Umfang stark geschädigte Forstpflanzen zu finden waren, zeigt die unterste Grafik in Abb. 2.20, auf der die durchschnittlichen Schadgrade zu dem Anteil des nicht von Vegetation bedeckten Zenits (100-Schirm%) in Bezug gesetzt sind. Bei denjenigen Pflanzen, die unter Freiflächenverhältnissen (>80% freier Himmel) standen, lag in allen Fällen Schadgrad 5 (= geringelt oder abgefressen) vor.



**Abb. 2.20:** Verteilung der Nageschadgrade auf die verschiedenen Belichtungsklassen bei sternförmiger Linientaxation. Versuchsflächen 20 und 21 zusammengefasst. Ziffern unter den Säulen: Anzahl Pflanzen, die unter den jeweiligen Beleuchtungsverhältnissen standen. 184 von 451 aufgenommenen Jungpflanzen wiesen Mäusenageschäden auf. Schadgrade nach benagtem Anteil vom Stammumfang: 1: -25%, 2: -50%; 3: -75%, 4: -99%, 5: 100%

### **2.3.2.3 Messung der Strahlungsverhältnisse**

Auf allen Flächen, die in den Kapiteln 2.3.1.1 und 2.3.1.2 auf ihre Schädigung durch Mäuse hin untersucht wurden, wurden auf den gleichen Plots bzw. auf den Taxationslinien alle fünf Meter die Belichtungsverhältnisse gemessen. Die für 282 Meßpunkte gewonnenen Werte wurden direkt in Beziehung zu dem am jeweiligen Meßpunkt aufgetretenen durchschnittlichen Schädigungsgrad gesetzt.

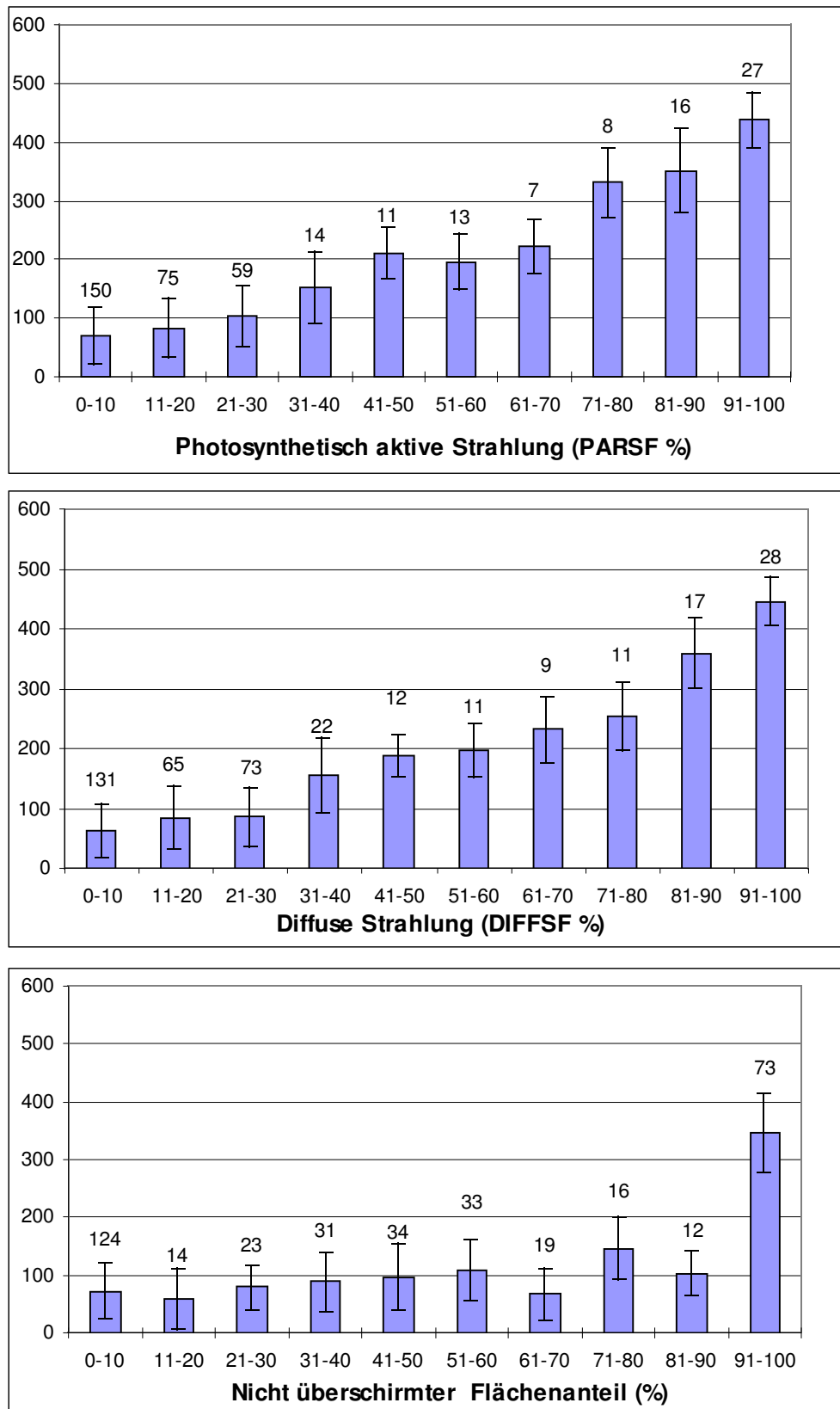
Über alle Flächen und Meßpunkte betrachtet (Abb. 2.21) wurde sowohl für den photosynthetisch aktiven Strahlungsanteil (PARSF) als auch für die diffuse Strahlung (DIFFSF) eine deutliche Korrelation zwischen Belichtungsverhältnissen und Schädigung durch Mäuse ermittelt. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen Lichtgenuß eines Plots und Schädigungsgrad durch Mäuse ließ sich auch auf den 8 Flächen bzw. 116 Plots mit Fichtenschirm erkennen (Abb. 2.22). Für den nicht überschrömtten Anteil der Meßflächen (100-Schirm-%) lag dagegen keine Korrelation vor, allerdings waren auch hier die Schädigungsgrade dort am höchsten, wo 91%-100% der Fläche unter freiem Himmel lagen.

Diese Strahlungsabhängigkeit bestand nicht auf den vier Freiflächenkulturen mit insgesamt 96 Meßpunkten (Abb. 2.23). Die Schädigungsgrade waren hier auf insgesamt hohem Niveau zufallsverteilt. Alle PARSF- und DIFFSF-Klassen waren vertreten, ebenso fast alle 100-Schirm%-Klassen (mit Schwerpunkt zwischen 80% und 100%), da Kulturpflanzen und Bodenvegetation teilweise erhebliche Höhen und Dichten erreichten.

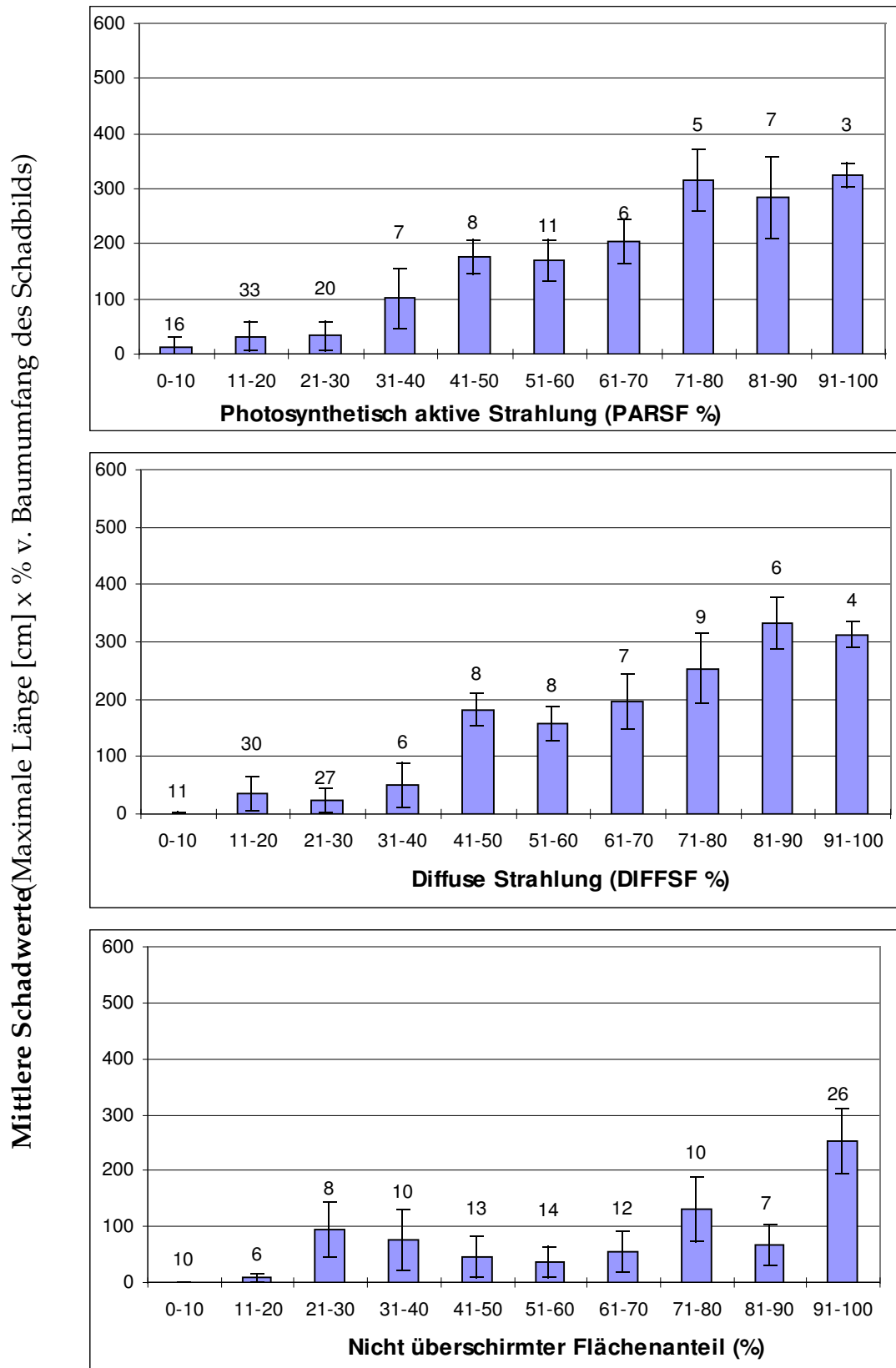
Gleiches gilt für die drei Flächen mit 129 Meßpunkten unter Licht nadelholzschild (Abb. 2.24), auf denen allerdings der PARSF maximal 40%, der DIFFSF maximal 50% betrug, während der größte Teil der Plots bis maximal 60% unter freiem Himmel lag.

Auf den fünf Flächen mit 54 Meßpunkten mit Buchenschild (Abb. 2.25) konnten keine Zusammenhänge zwischen Lichtgenuß und Mäuseschäden hergestellt werden, da es keine Schäden gab. Bei okularer Einschätzung bis zu „licht bis lückig“ lagen hier PARSF- und DIFFSF-Werte bei maximal 20%, mit Schwerpunkt 0-10%, der Schwerpunkt der Schild-%-Meßpunkte lag bei 0-10%, und an zwei Meßpunkten 60%-70% freier Himmel.

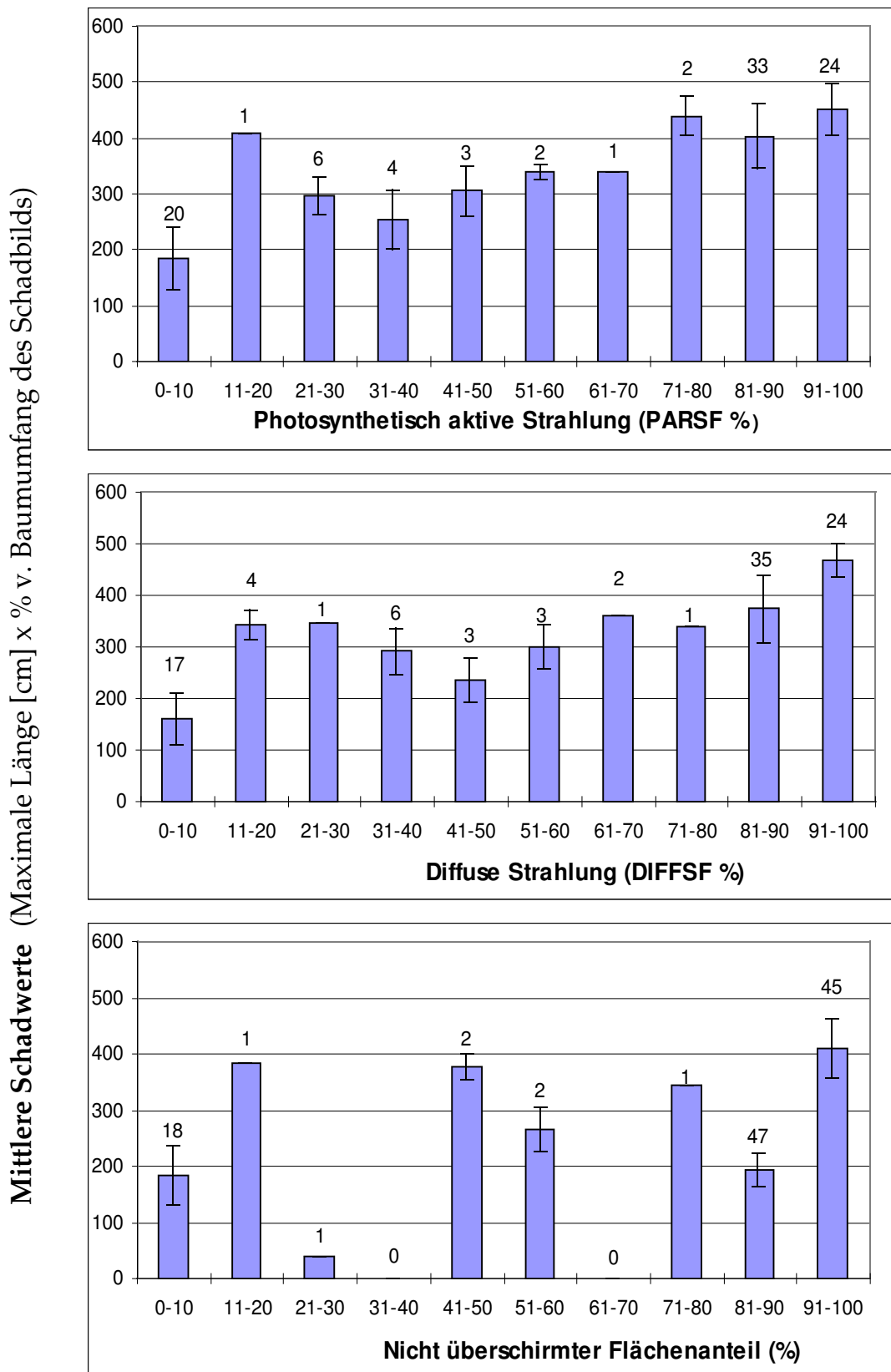
Mittlere Schadwerte (Maximale Länge [cm] x % v. Baumumfang des Schadbilds)



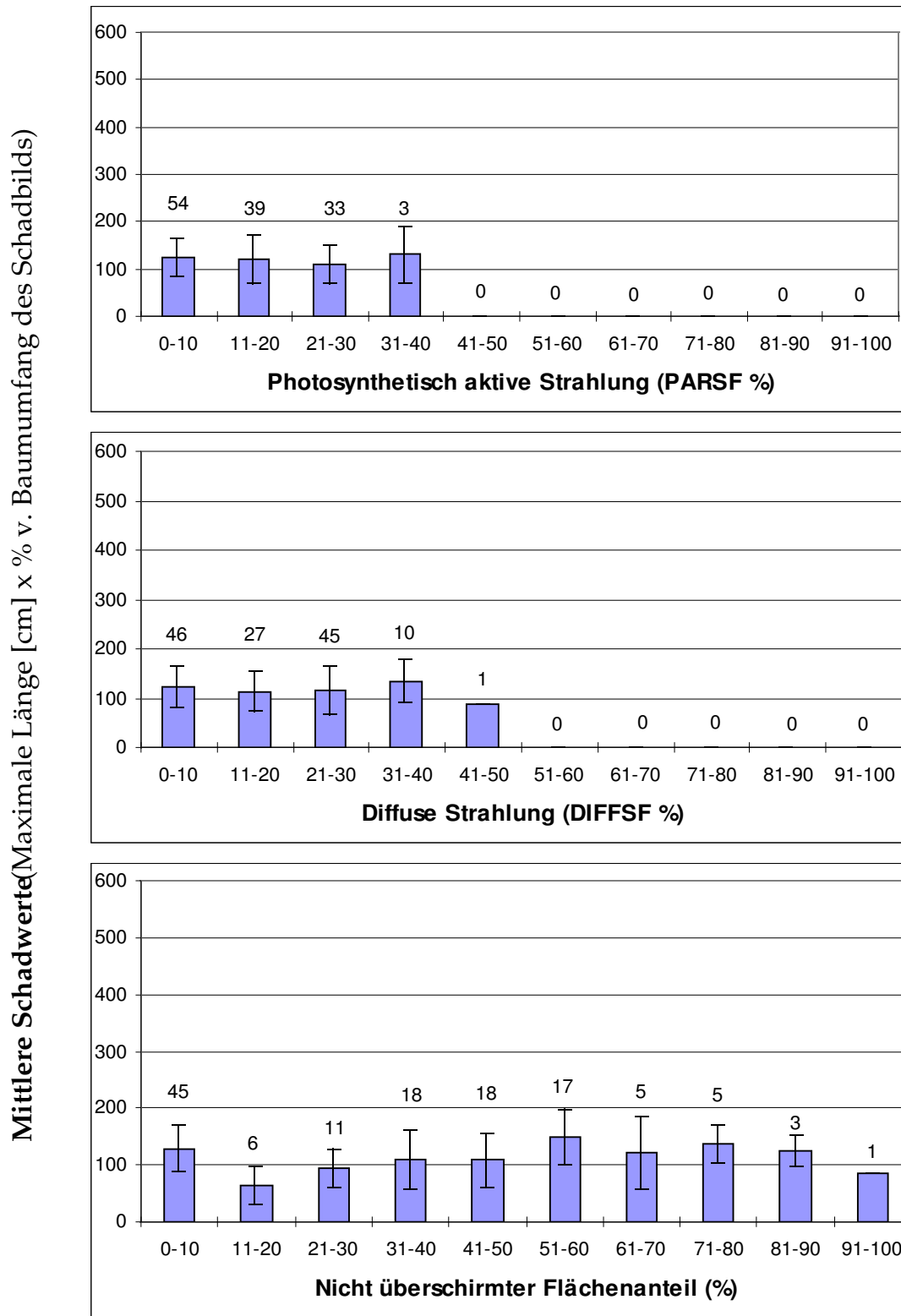
**Abb. 2.21:** Mittlere Schadwerte und Schwankungsbreiten an 2 bis 8-jährigen Buchen für *alle* Plots, unabhängig von der schirmbildenden Baumart, in Abhängigkeit von Strahlungsmerkmalen. Zahlenangaben über den Säulen: Anzahl der Plots, auf denen gleiche Strahlungsbedingungen herrschten



**Abb. 2.22:** Mittlere Schadwerte und Schwankungsbreiten an 2 bis 8-jährigen Buchen für alle Plots mit Fichte als schirmbildender Baumart, in Abhängigkeit von Strahlungsmerkmalen. Zahlenangaben über den Säulen: Anzahl der Plots, auf denen gleiche Strahlungsbedingungen herrschten.

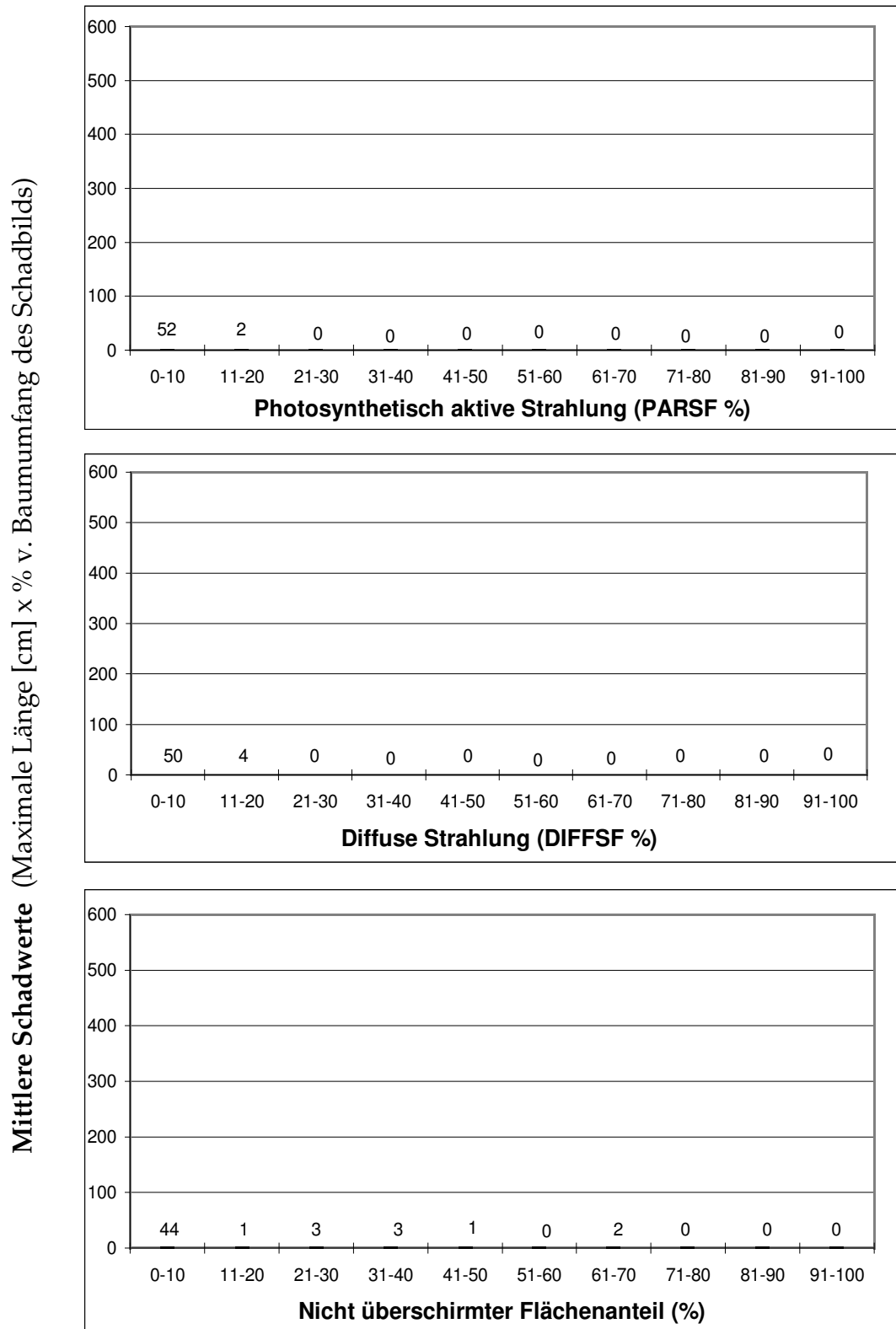


**Abb. 2.23:** Mittlere Schadwerte und Schwankungsbreiten an 2 bis 8-jährigen Buchen für alle Plots auf Freiflächen in Abhängigkeit von Strahlungsmerkmalen. Zahlenangaben über den Säulen: Anzahl der Plots, auf denen gleiche Strahlungsbedingungen herrschten



**Abb. 2.24:** Mittlere Schadwerte und Schwankungsbreiten an 2 bis 8-jährigen Buchen für alle Plots mit **Lichtnadelhölzern** (Kiefer und Lärche) als **schirmbildender Baumart**, in Abhängigkeit von Strahlungsmerkmalen. Zahlenangaben über den Säulen: Anzahl der Plots, auf denen gleiche Strahlungsbedingungen herrschten.





**Abb. 2.25:** Mittlere Schadwerte und Schwankungsbreiten an 2 bis 8-jährigen Buchen für alle Plots mit **Buche als schirmbildender Baumart**, in Abhängigkeit von Strahlungsmerkmalen. Zahlenangaben: Anzahl der Plots, auf denen gleiche Strahlungsbedingungen herrschten.

## **2.4 Wahlversuche**

### **2.4.1 Verhalten der Mäuse bei der Besiedlung der Gehege**

Beide Gehege wurden von den Tieren sofort gründlich erkundet. Deutliche Unterschiede im Inbesitznahmeverhalten (das eine Gehege hatten die Tiere bis zum 12.11.1999 selbst bewohnt, das andere war bis zu diesem Zeitpunkt mit zuletzt nur noch einer Erdmaus besiedelt) sowie Verhaltensauffälligkeiten wurden nicht beobachtet. Nach Ablauf der Eingewöhnungsphase waren in beiden Gehegen die Futter- und Nestplätze angenommen, mit dem Graben von Bauen begonnen worden und einige feste Wechsel ausgeprägt.

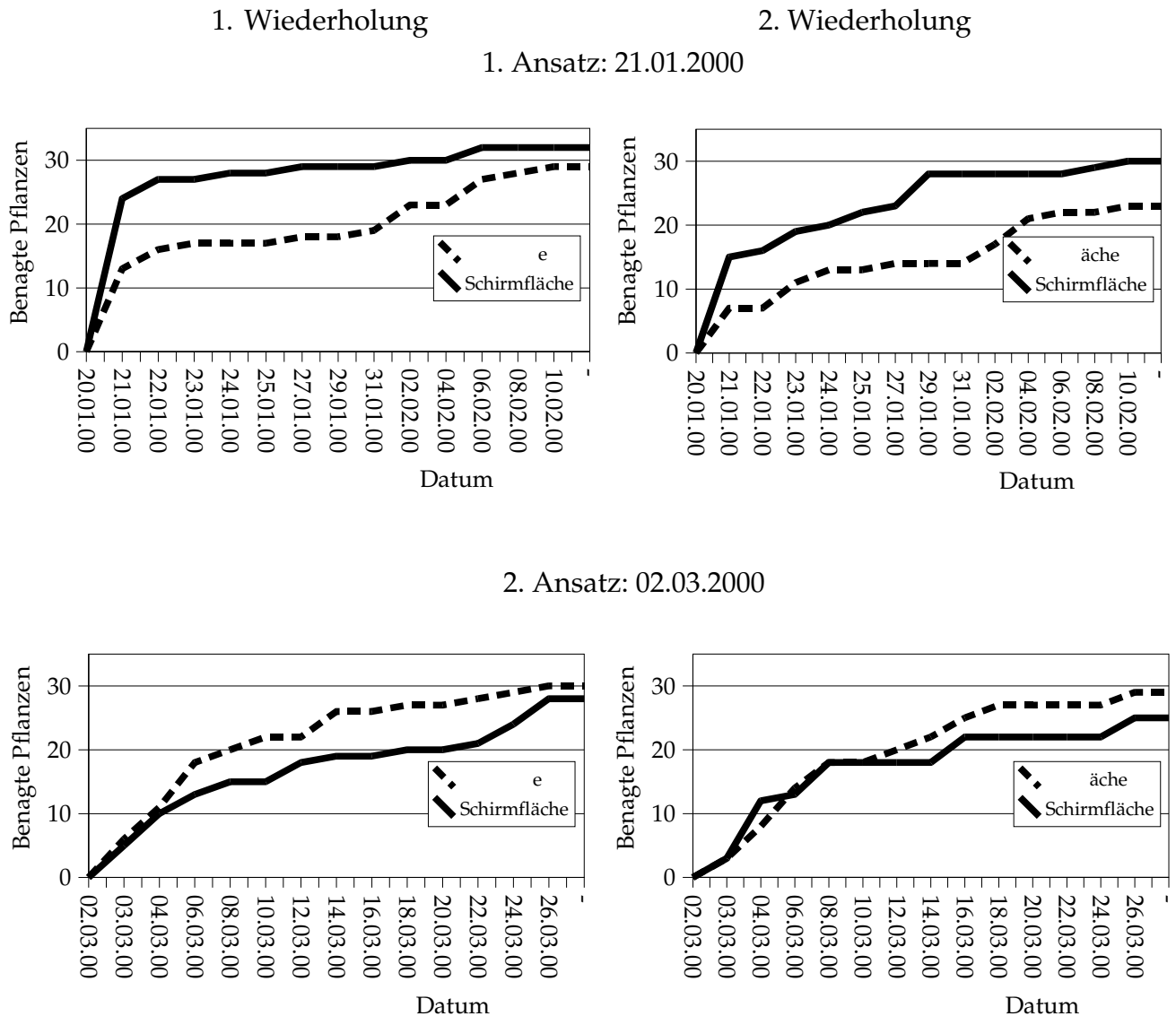
### **2.4.2 Ergebnisse der Wahlversuche**

Die Wahlversuche zwischen überschirmt und nicht überschirmt erwachsenen Jungbuchen erbrachten keine Präferenzen der Rötelmäuse für eine der beiden Varianten. Aufgrund des Wertes für benagte Rindenfläche zeichneten sich Tendenzen zu einem differenzierten Annahmeverhalten im zeitlichem Verlauf und bei der insgesamt aufgenommenen Baumrinde ab.

### ***Annahme der Buchenjungpflanzen im zeitlichen Verlauf***

Aus Abbildung 2.26 ist der Verlauf zu sehen, wie innerhalb der jeweils dreiwöchigen Expositionsdauer die Versuchspflanzen von den Rötelmäusen benagt wurden. Verzeichnet ist nur die absolute Anzahl benagter Pflanzen in Zeitfolge, ohne daß auf das Schadensausmaß eingegangen wird. Es ist erkennbar, daß die Rötelmäuse in dem ehemals von Erdmäusen bewohnten Gehege die Versuchspflanzen des ersten Ansatzes insgesamt stärker annahmen (1. Wdh.) als die Bewohner des ehemaligen Rötelmausgeheges (2. Wdh.).

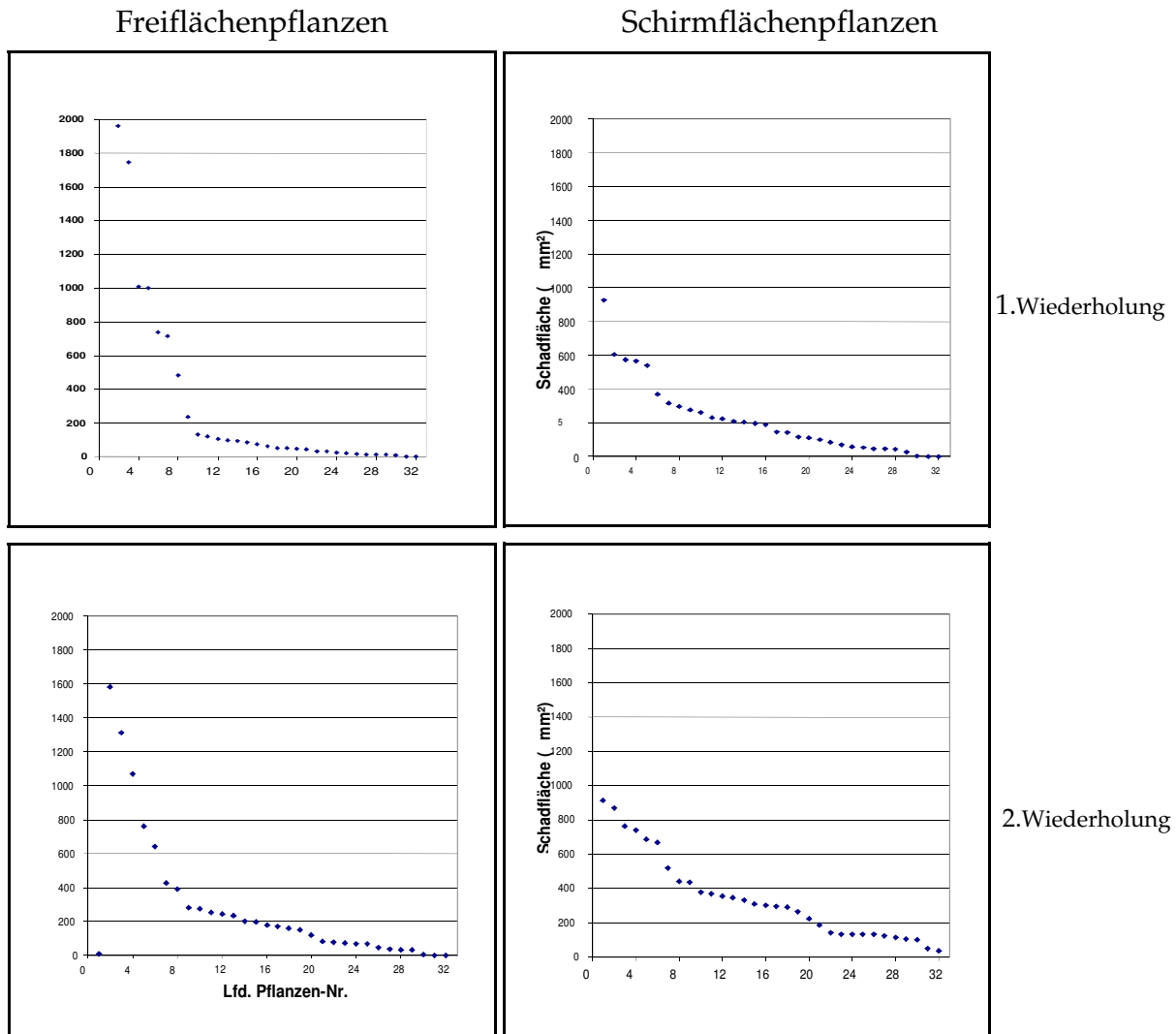
Im zweiten Ansatz war zwischen den Wiederholungen kein Unterschied mehr festzustellen.



**Abb. 2.26:** Annahme von Buchenjungepflanzen aus Naturverjüngung unter (durchgezogene Linie) bzw. ohne Schirm (unterbrochene Linie) durch Rötelmäuse. Dreiwöchige Exposition in Freilandgehegen, je Buchenherkunft (Schirm-/Freifläche), Ansatzdatum und Wiederholung 32 Versuchspflanzen.

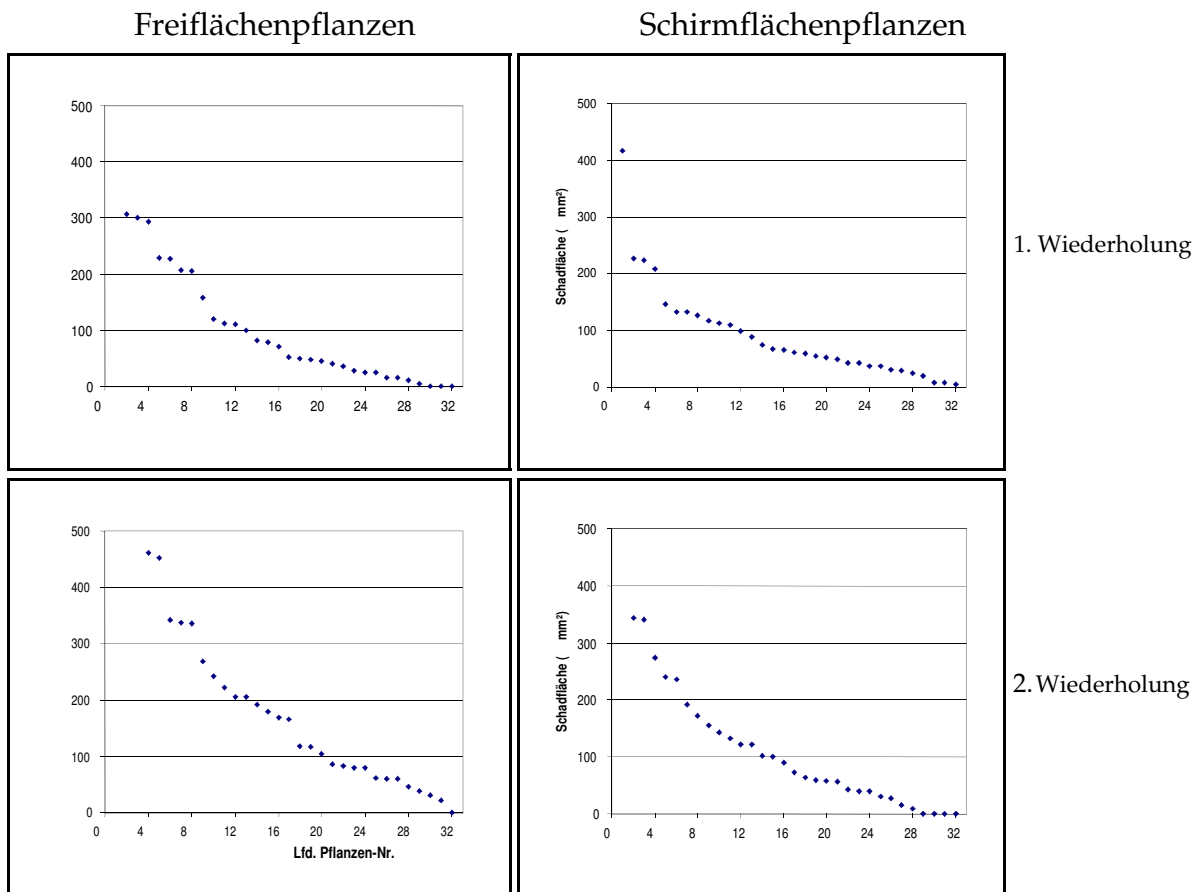
Im Ansatz 2 lief die Annahme gegenüber Ansatz 1 langsamer ab. Die Pflanzen von der Schirmfläche wurden im Februar in beiden Wiederholungen schneller angenommen als diejenigen von der Freifläche. Dieses Verhältnis kehrte sich im zweiten Ansatz (März) um, wenn auch die Unterschiede in der Annahme zwischen Schirm- und Freiflächenpflanzen nicht mehr signifikant waren.

*Attraktivität, gemessen als benagte Rindenfläche*



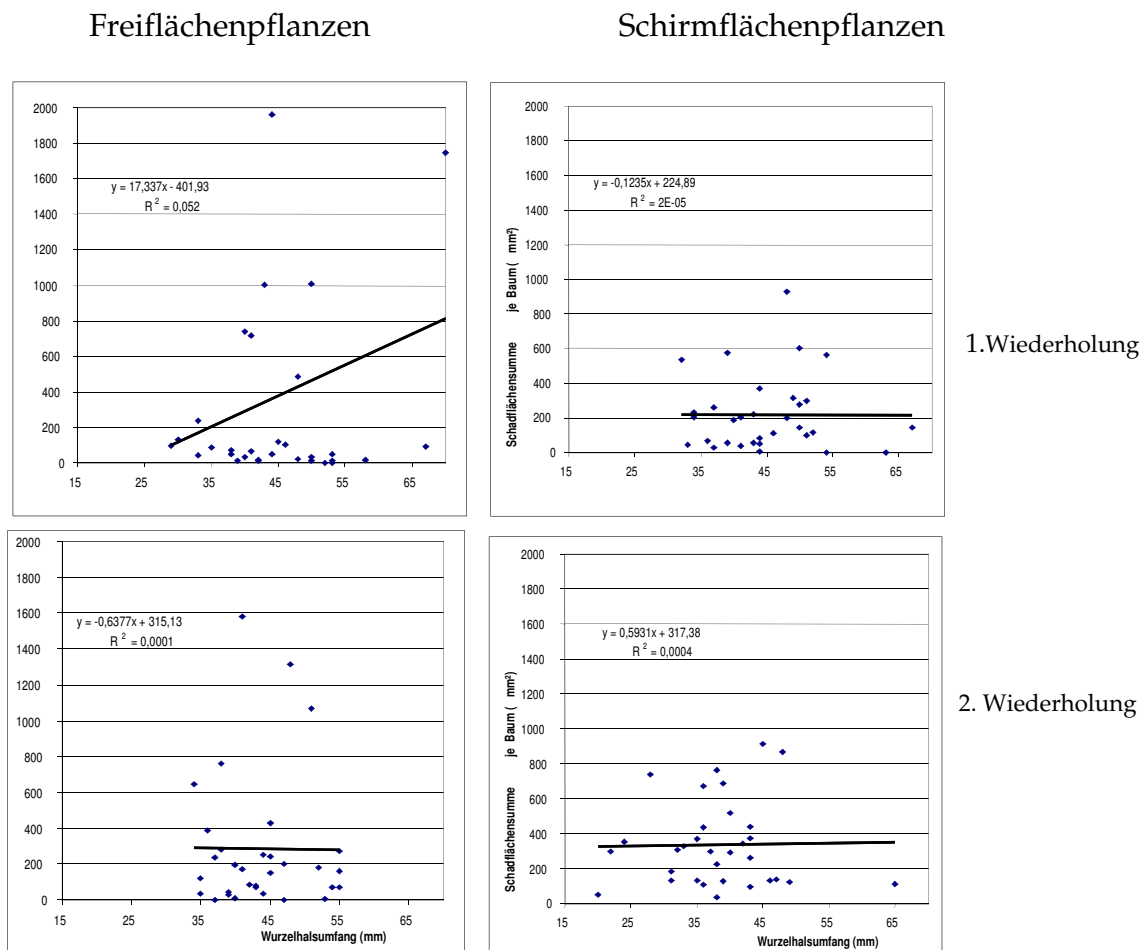
**Abb. 2.27:** Schadflächenverteilung an Buchenjungpflanzen aus Naturverjüngung unter Schirm bzw. nach Großschirmschlag nach dreiwöchigem Rötelmausfraß unter Gehegebedingungen, in absteigender Folge geordnet. Ansatz 1 vom 21.01.2000

In beiden Wiederholungen des ersten Ansatzes waren die Annahmemaxima durch die Rötelmaus bei den Freiflächenpflanzen deutlich höher als bei den Schirmflächenpflanzen (Abb. 2.27). Hier war die Verteilung der Schadensstärken gleichmäßiger. Statistisch ist dieser Unterschied nicht abgesichert.



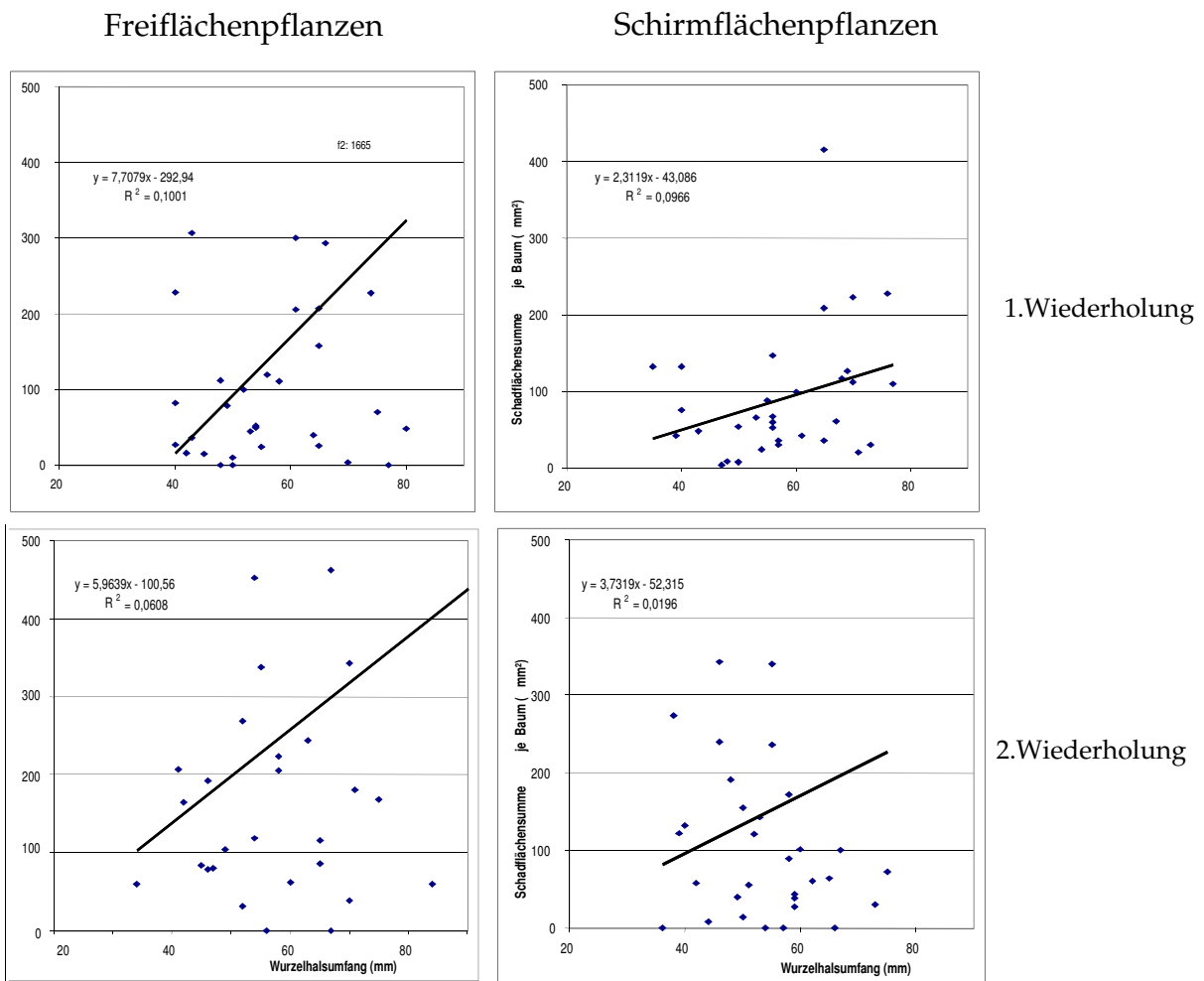
**Abb. 2.28:** Schadflächenverteilung an Buchenjungepflanzen aus Naturverjüngung unter Schirm bzw. nach Großschirmschlag nach dreiwöchigem Rötelmausfraß unter Gehegebedingungen. Ansatz 2 vom 02.03.2000.

Im zweiten Ansatz (Abb. 2.28) war, bei insgesamt geringeren Schäden als im ersten Ansatz, kein meßbarer Unterschied in der Schadverteilung und im Schadensausmaß zwischen den beiden Pflanzenvarianten und zwischen den beiden Wiederholungen mehr festzustellen.



**Abb. 2.29:** Beziehung zwischen Wurzelhalsumfang und Schadflächengröße an Buchenjungpflanzen aus Naturverjüngung unter Schirm bzw. nach Großschirmschlag nach dreiwöchigem Rötelmausfraß unter Gehegebedingungen. Ansatz Nr. 1 vom 21.01.2000.

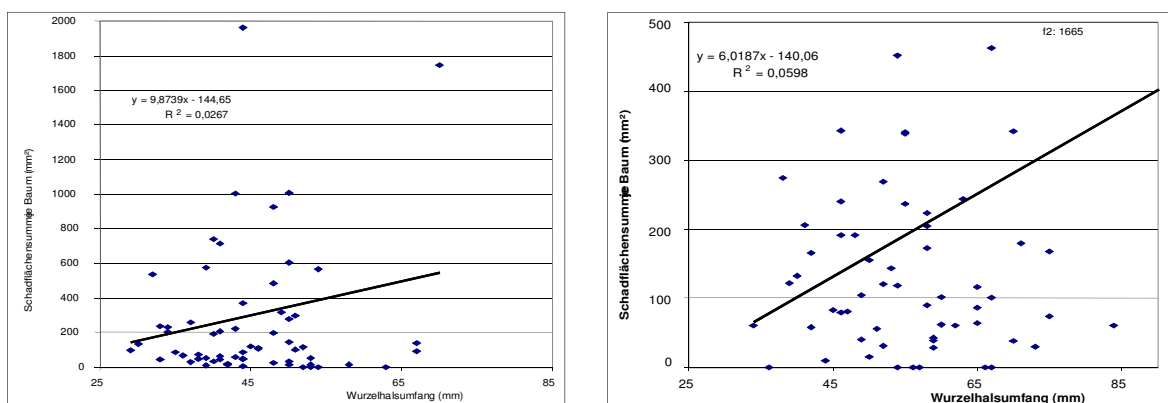
Mit Ausnahme der Freiflächenpflanzen der ersten Wiederholung, bei der sich eine leichte Korrelation andeutet, ist im ersten Ansatz vom Januar 2000 (Abb. 2.29) keine Abhängigkeit zwischen dem Wurzelhalsumfang und dem Schadensausmaß festzustellen. Dagegen wurde im zweiten Ansatz (März 2000, Abb. 2.30) bei insgesamt sehr viel geringerem Schaden eine klare Bevorzugung der stärkeren Pflanzen verzeichnet. Diese Bevorzugung trat bei von der Freifläche stammenden Pflanzen deutlicher zutage als bei denjenigen von der Schirmfläche. Faßt man alle Schirm- und Freiflächenpflanzen eines Ansatzes zusammen (Abb. 2.31), so zeigt sich im zweiten Ansatz als Trend eine deutlichere, aber statistisch nicht abgesicherte Korrelation zwischen Wurzelhalsumfang und Schadensausmaß als im ersten.



**Abb. 2.30:** Beziehung zwischen Wurzelhalsumfang und Schadflächengröße an Buchenjungepflanzen aus Naturverjüngung unter Schirm bzw. nach Großschirmschlag nach dreiwöchigem Rötelmausfraß unter Gehegebedingungen. Ansatz Nr. 2 vom 02.03.2000.

Ansatz 1: Schirm- und Freiflächenpflanzen

Ansatz 2 : Schirm- und Freiflächenpflanzen



**Abb. 2.31:** Beziehung zwischen Wurzelhalsumfang und Schadflächengröße an Buchenjungepflanzen aus Naturverjüngung unter Schirm bzw. nach Großschirmschlag nach dreiwöchigem Rötelmausfraß unter Gehegebedingungen, Schirm- und Freiflächenpflanzen zusammengefaßt. Links: 20.01. - 10.02.1999, rechts: 02.03. - 26.03.2000. (Beide Wiederholungen)

**Tab. 2.3:** Durchschnittliche Schadwerte je Stummelpflanze (Schadhöhe x Umfang-%) nach drei Wochen Exposition in Rötelmaus-Freiluftgehegen

		Schadwert / Stummelpflanze	
		Freifläche	Schirmfläche
Ansatz 1 v. 21.1.2000	Wdh. 1	380,9	219,3
	Wdh. 2	287,3	340
Ansatz 2 v. 2.3.2000	Wdh. 1	145,4	90,5
	Wdh. 2	245,7	149,9

Die von den Rötelmäusen durchschnittlich je Pflanze gefressene Rindenmenge, ausgedrückt als Schadwert ( $h \times U\%$ ), kann als Attraktivitätsparameter herangezogen werden. Im ersten Ansatz zeigen die beiden Wiederholungen gegenteilige Präferenzen der Rötelmausgruppen: Fraßen die einen 74% mehr von der Rinde der Freiflächenpflanzen, fraßen die anderen 18% mehr von der Rinde der Schirmflächenpflanzen.

Die Gesamtmengen gefressener Rinde waren in beiden Wiederholungen des ersten Ansatzes nahezu gleich.

Anders beim zweiten Ansatz: hier wurden die Freiflächenpflanzen eindeutig

von beiden Rötelmausgruppen bevorzugt, das Annahmenniveau lag aber nur auf halber Höhe desjenigen des ersten Ansatzes. Über alle Wiederholungen und Ansätze hinweg wurde die Rinde von Buchen, die von der Freifläche stammten, zu ca. 25% mehr verzehrt als diejenige von Schirmflächenpflanzen, was vor allem auf die jeweils 8-10 am stärksten befallenen Individuen zurückzuführen ist.



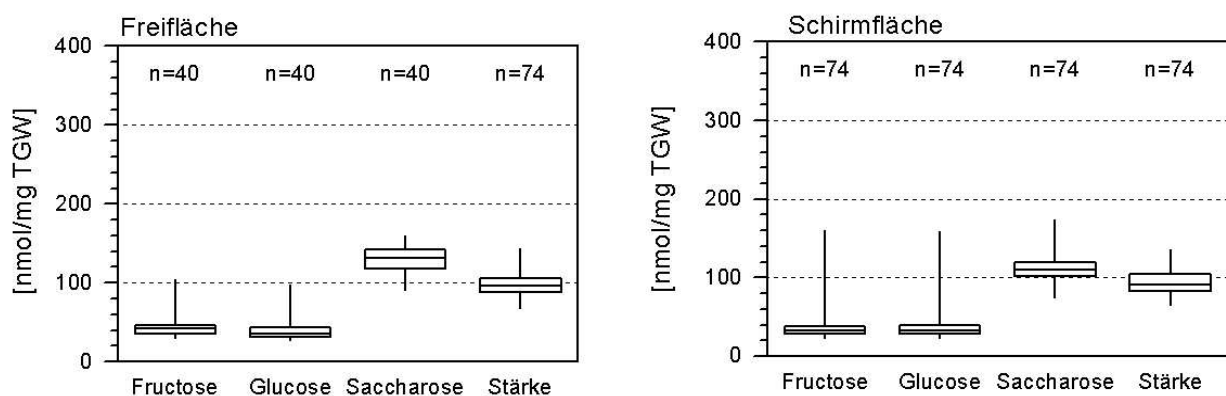
## 2.5 Pflanzeninhaltsstoffe und Nageschäden

### 2.5.1 Inhaltsstoffanalysen

#### 2.5.1.1 Nährstoffe

##### Kohlenhydrate

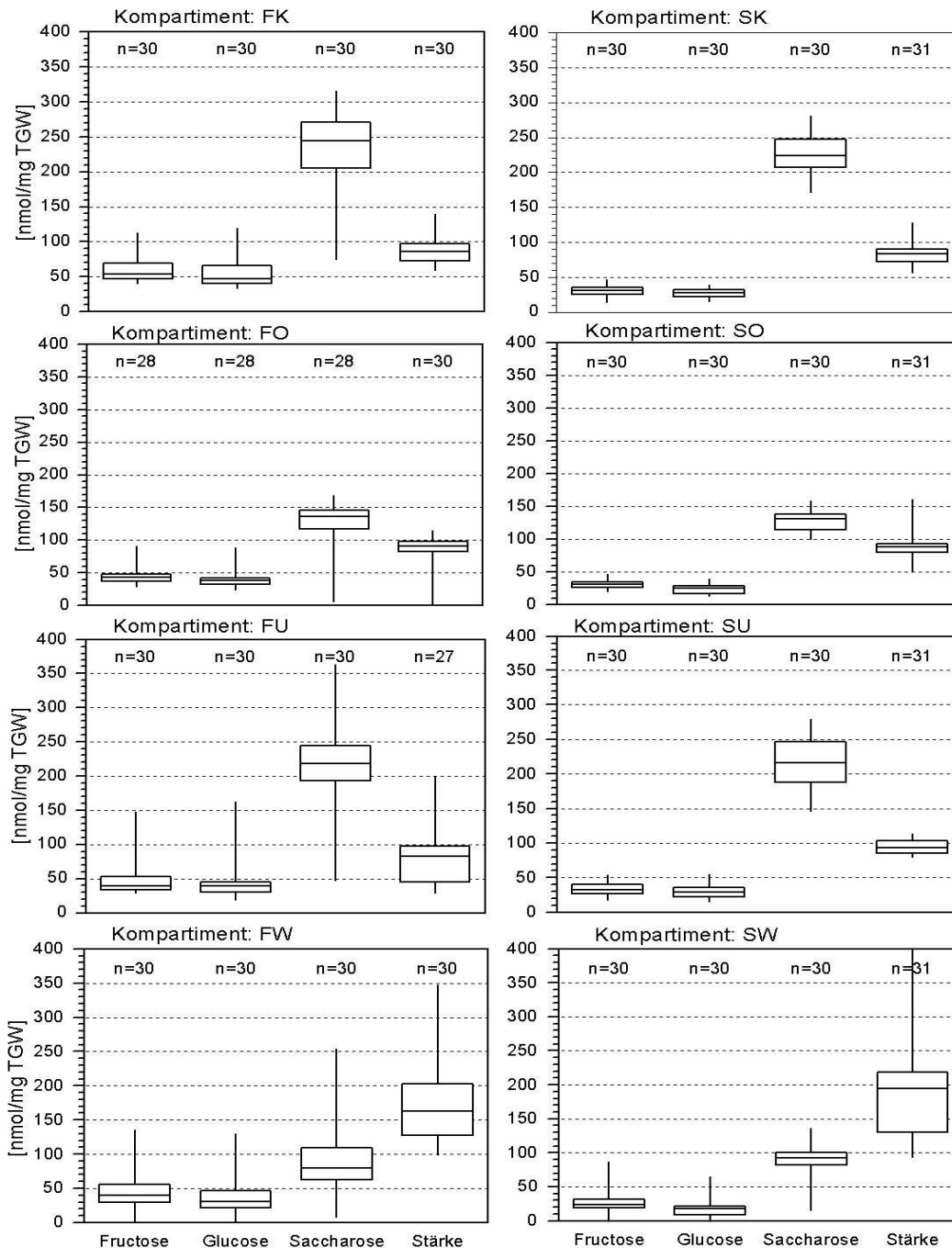
Kohlenhydrate stellen neben Fetten die Energiequellen für den Stoffwechsel der Tiere dar. Ihr Anteil in der aufgenommenen Nahrung ist daher, vor allem in der kalten Jahreszeit, von großer Bedeutung. Untersucht wurden die Gehalte an Zuckern. Nur für Fructose, Glucose und Saccharose sowie Stärke wurden meßbare Werte ermittelt.



**Abb. 2.32:** Kohlenhydratgehalte in der Rinde von Buchenjungpflanzen aus Naturverjüngung unter Schirm bzw. nach Großschirmschlag (Stammabschnitt 20 - 40 cm über dem Boden). Die zugehörigen unteren Abschnitte dieser Pflanzen wurden als Stummelpflanzen in den Wahlversuchen vom 20.01.2000 eingesetzt. (34 Zuckeranalysen von der Freifläche konnten aus technischen Gründen nicht gewertet werden)

Die Gehalte an Zuckern und Stärke lagen bei den Wahlversuchspflanzen der Frei- und der Schirmfläche im Durchschnitt in ähnlicher Höhe, lediglich die Saccharosegehalte lagen bei den Freiflächenpflanzen gut 10% über denen der Schirmflächenpflanzen. Für die Zucker war die Gesamtstreuung in den Schirmflächenpflanzen höher, dies mag jedoch auch darin begründet sein, daß das Kollektiv der Freiflächenpflanzen wesentlich kleiner ausfiel, da eine Extraktionsserie aus technischen Gründen nicht verwertet werden konnte. (Die Serie war nicht wiederholbar, da es sich um „Parallellmaterial“ zu den Wahlversuchen handelte.) Erstes und drittes Quartil lagen bei den

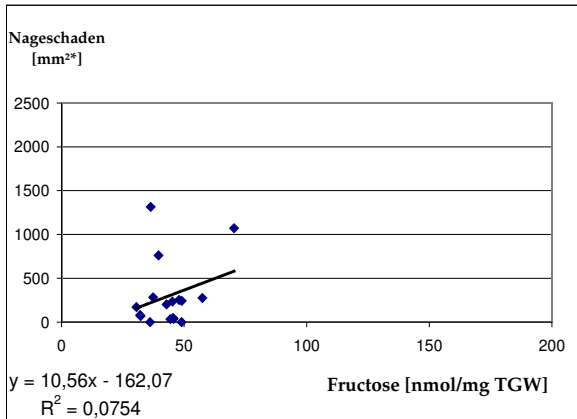
Freiflächenpflanzen etwas weiter auseinander als bei den Schirmflächenpflanzen. Signifikant war dieser Unterschied jedoch nur bei Saccharose.



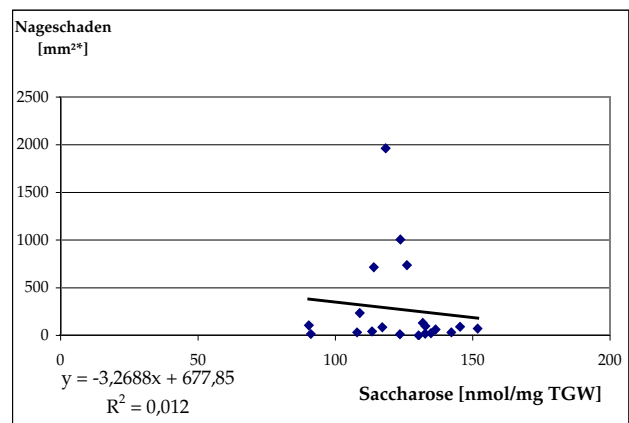
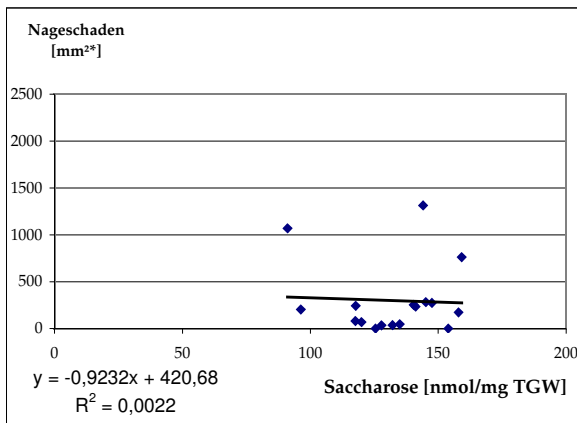
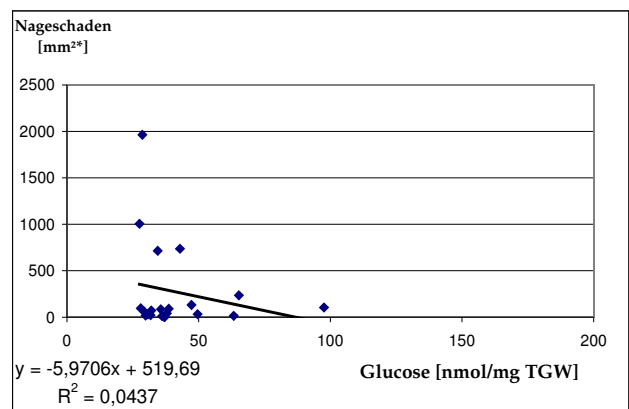
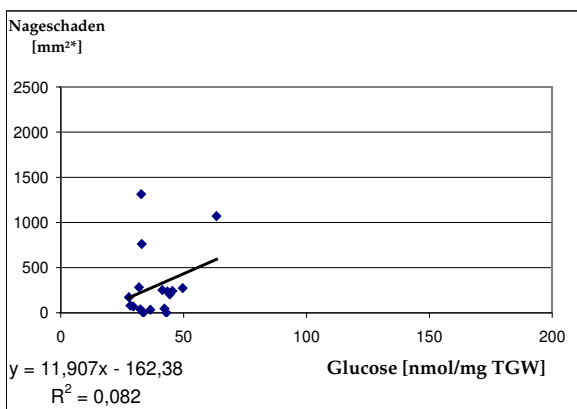
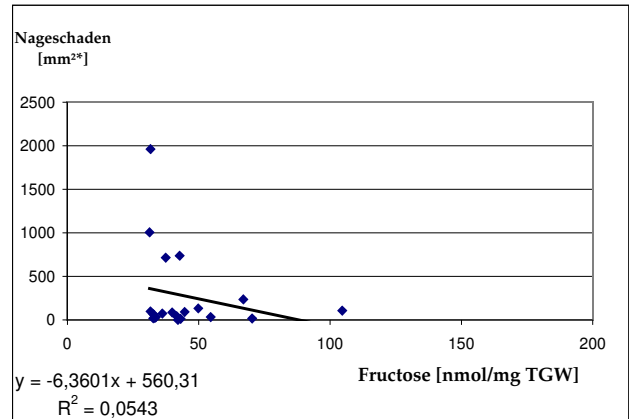
**Abb. 2.33:** Kohlenhydratgehalte in der Rinde von Jungbuchen unter Schirm bzw. nach Großschirmschlag, (Herkunft: F = Freifläche, S = Schirmfläche; Pflanzenkompartiment: K = Krone; O = Oberer Stammbereich, 20 – 40 cm über dem Boden; U = Unterer Stammbereich, 0 – 20 cm über dem Boden; W = Wurzel, erster 20 cm – Abschnitt).

## Freiflächenpflanzen

Wiederholung Nr. 1



Wiederholung Nr. 2

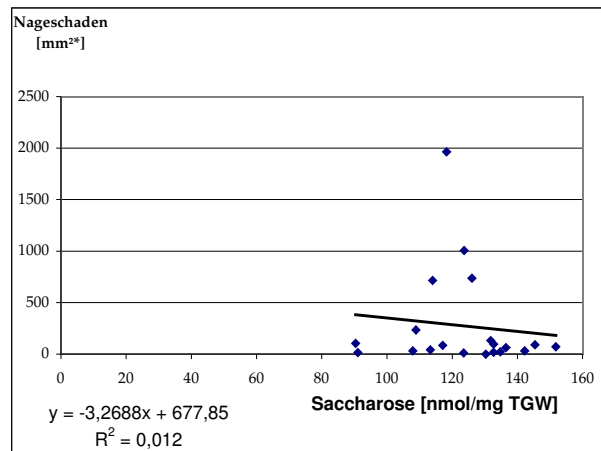
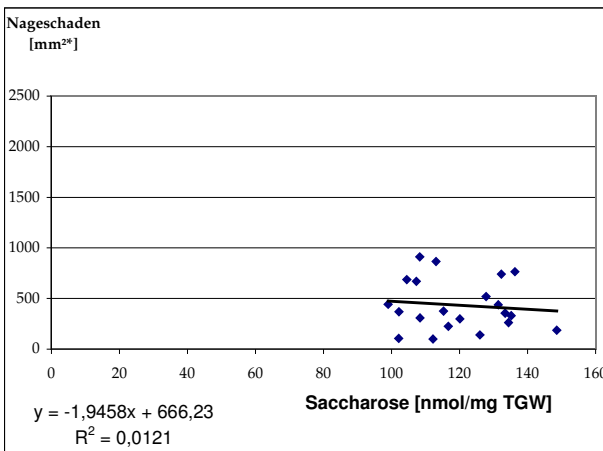
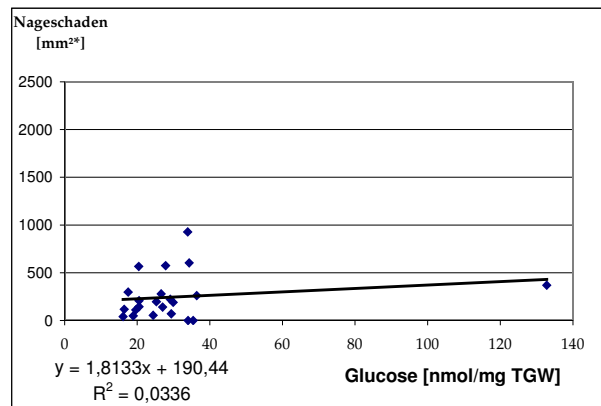
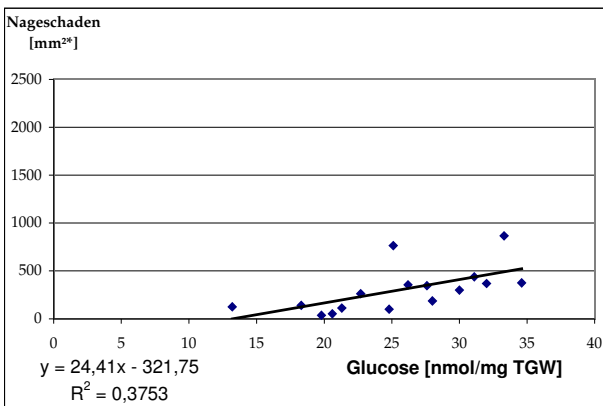
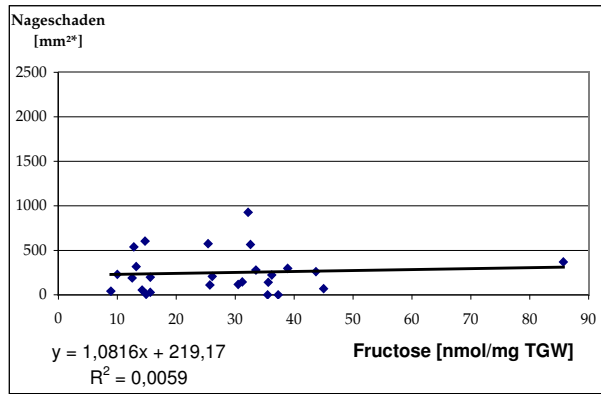
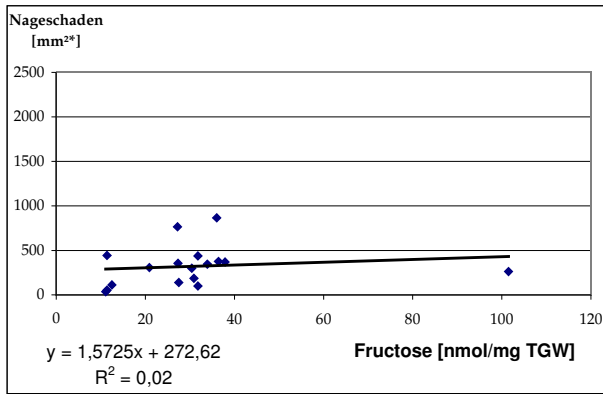


**Abb. 2.34:** Beziehung zwischen den Zuckergehalten in der Rinde von Jungbuchen aus dem Stammabschnitt 20-40cm über dem Boden und der Attraktivität der Rinde für Rötelmäuse am zum selben Baum gehörigen unteren Abschnitt (0-20cm über dem Boden), gemessen an der Größe des Nageschadens. **Freiflächenpflanzen** Wahlversuche vom 21.01.2000.

**Schirmflächenpflanzen**

Wiederholung Nr. 1

Wiederholung Nr. 2



**Abb. 2.35:** Beziehung zwischen den Zuckergehalten in der Rinde von Jungbuchen aus dem Stammabschnitt 20-40cm über dem Boden und der Attraktivität der Rinde für Rötelmäuse am zum selben Baum gehörigen unteren Abschnitt (0-20cm über dem Boden), gemessen an der Größe des Nageschadens. **Schirmflächenpflanzen** Wahlversuche vom 21.01.2000.

Im Vergleich dieser Werte mit denen der Sektion O (oberer Stammbereich zwischen 20 und 40cm Höhe über dem Boden) der gleichzeitig geworbenen „Analysepflanzen“ liegen diese auf nahezu dem gleichen Niveau. Die scheinbaren Unterschiede gehen - zumindest zwischen den Quartilen - im allgemeinen Rauschen unter; nicht jedoch bei den Extrema, hier waren bei den Freiflächenpflanzen für Saccharose und Stärke die Ausschläge nach unten und bei Fructose und Glucose nach oben sehr viel höher.

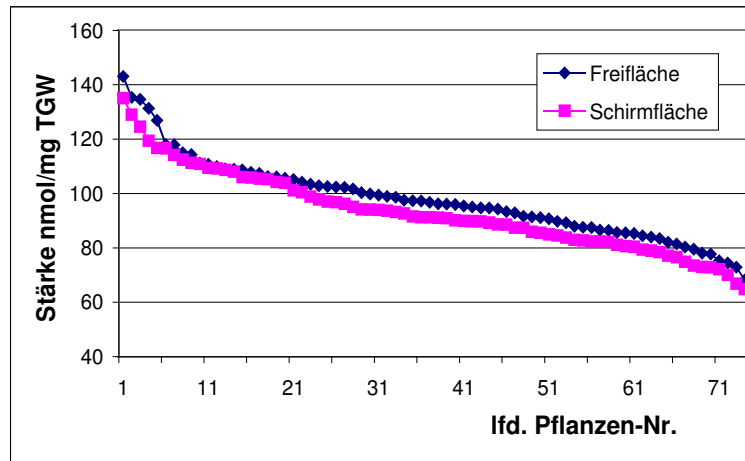
Zwischen den einzelnen Pflanzenteilen gab es erhebliche Unterschiede in den Kohlenhydratgehalten. Die Saccharosegehalte waren am höchsten in der Rinde aus dem Kronenbereich und aus dem Abschnitt unmittelbar über dem Boden, am niedrigsten in der Wurzelrinde, am zweitniedrigsten in der Rinde aus 20-40 cm Höhe über dem Boden.

Eine Korrelation zwischen den Gehalten verschiedener Zucker und der Attraktivität der Rinde des unteren Stammstücks der Buchen für die Rötelmäuse lag nicht vor (außer für den Glucosegehalt in Wiederholung Nr. 1 bei den Schirmflächenpflanzen =>  $R^2 = 0,37$ ).

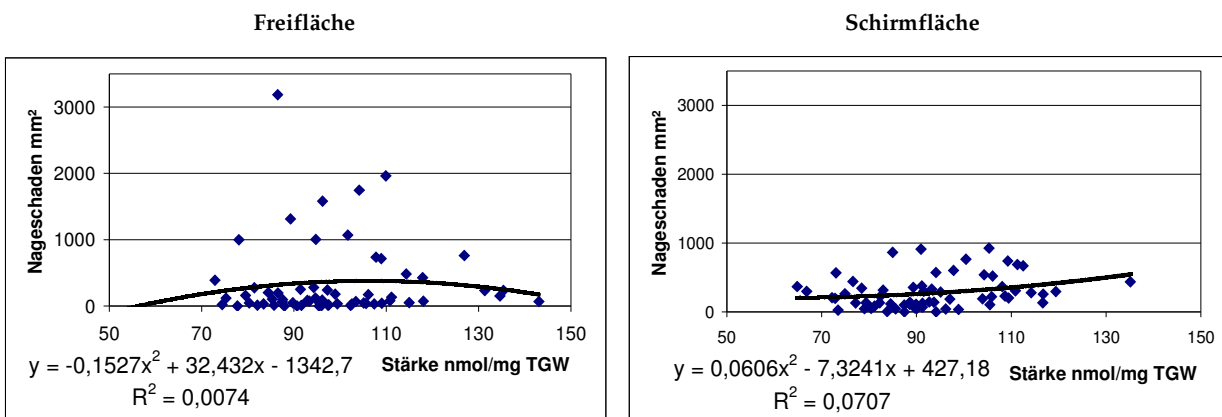
### *Stärke*

Für den Stärkegehalt der Rinde im oberen Stamm- und Kronenbereich lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Pflanzen von der Freifläche und denjenigen von der Schirmfläche vor. Dagegen zeigten sich im unteren Stammbereich, direkt über dem Boden deutliche Unterschiede: auf der Freifläche war die Varianz bei ähnlichem Median erheblich größer. Der Stärkegehalt der Rinde der Wurzeln lag im Median bei den Pflanzen von der Schirmfläche höher, ebenso deren Varianz.

Die Stärkegehalte des oberen Stammbereiches der Pflanzen aus dem Wahlversuch schwankten auf beiden Flächen zwischen ~70 und ~145 nmol/mg Trockengewicht und lagen damit auf gleicher Höhe mit den Gehalten der Vergleichspflanzen.



**Abb. 2.36:** Stärkegehalte der Rinde von Buchenjungepflanzen aus Naturverjüngung (oberer Stammabschnitt 20 - 40 cm über dem Boden) absteigend nach Größe geordnet, (Verteilung siehe Abb. 2.32, S. 81). Die zugehörigen unteren Abschnitte dieser Pflanzen wurden in den Wahlversuchen vom 20.01.2000 eingesetzt. (Herkunft: F = Freifläche, S = Schirmfläche)

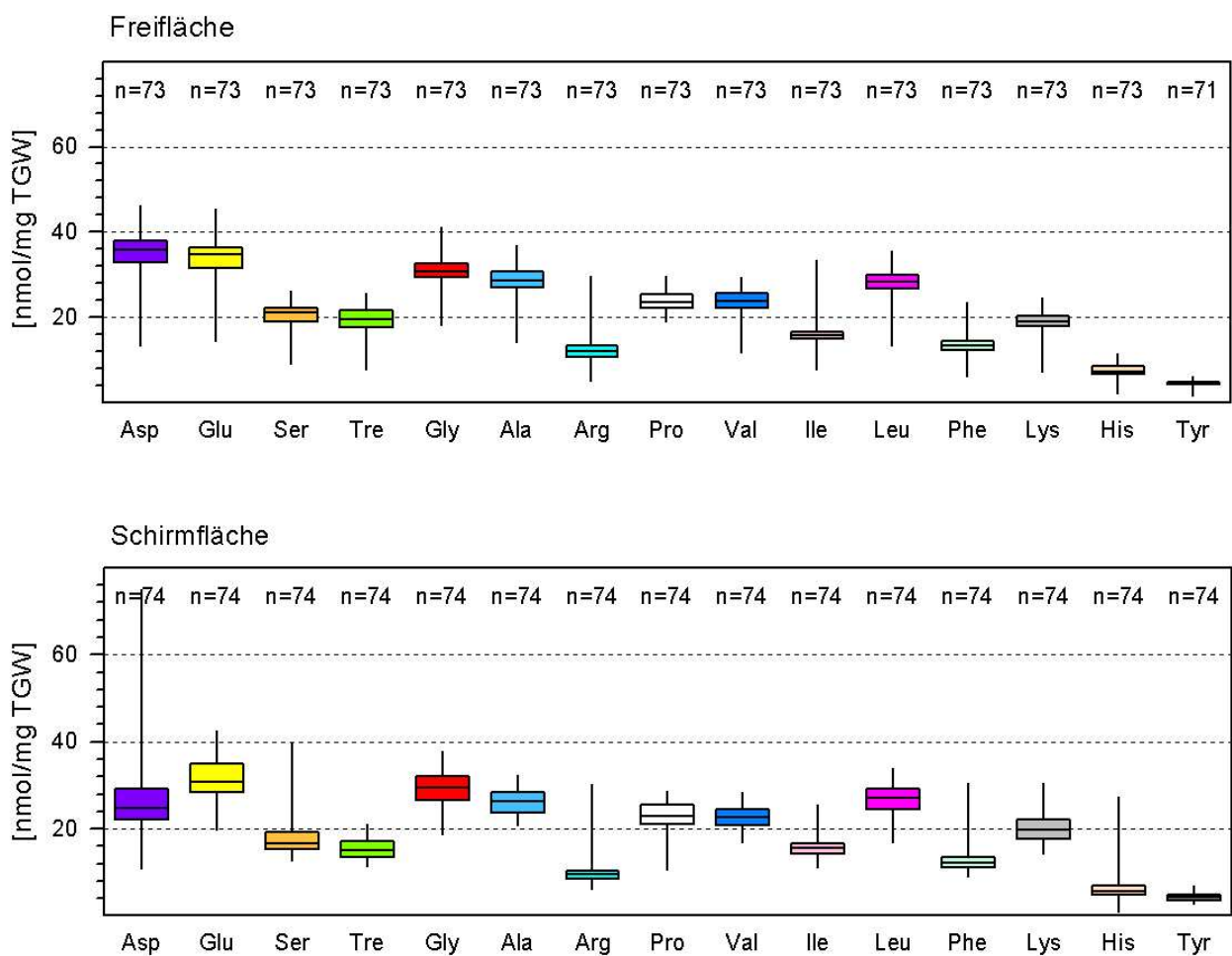


**Abb. 2.37:** Beziehung zwischen Stärkegehalt der Rinde des oberen Stammabschnitts (20 - 40 cm über dem Boden) von Buchenjungepflanzen und Schädflächengröße nach dreiwöchigem Rötelmäusefraß am zugehörigen unteren Stammstück (0 - 20 cm über dem Boden). Wahlversuche vom 20.01.2000

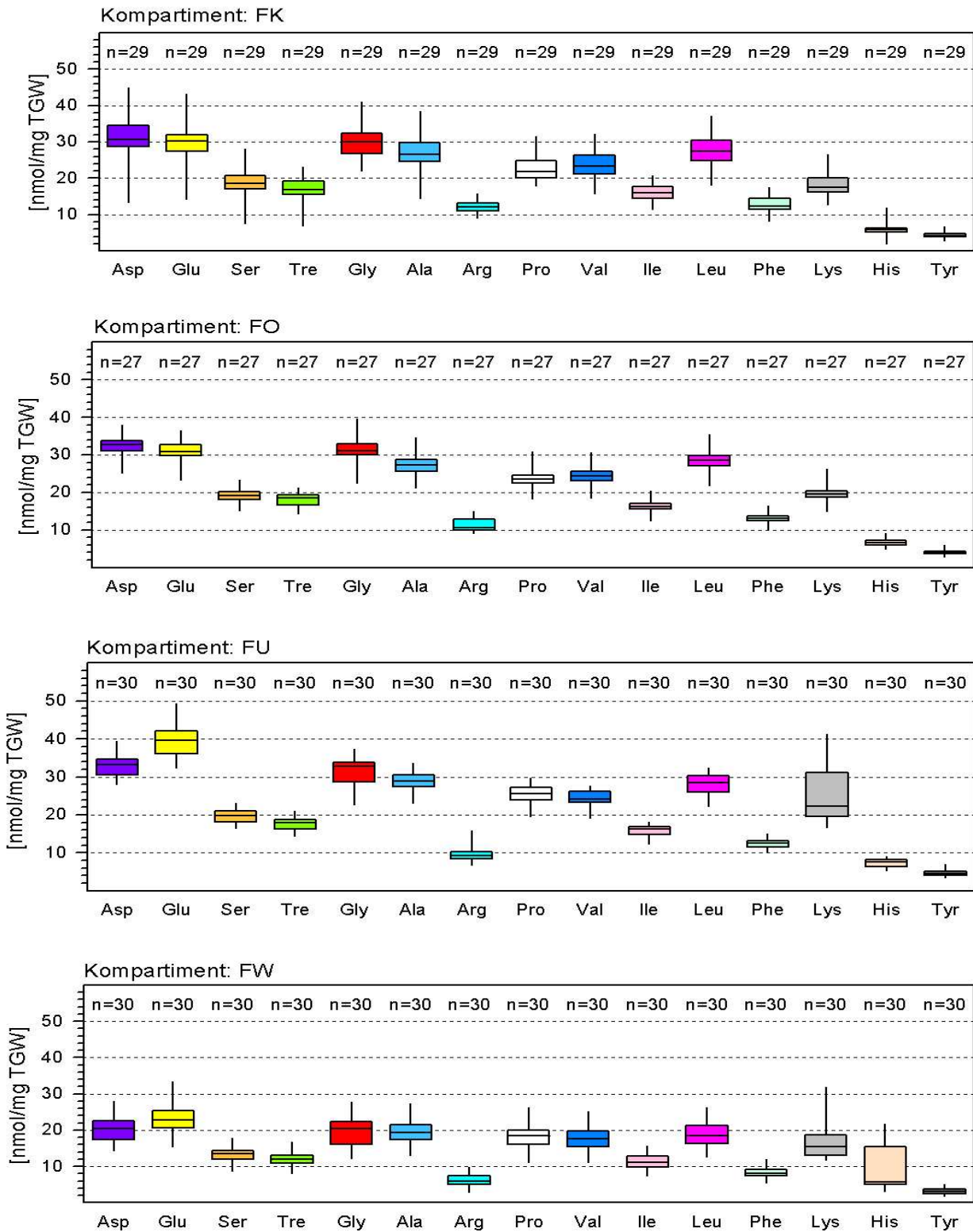
Die Stärkegehalte der Buchenrinde lagen bei den Freiflächenpflanzen geringfügig über denen der Pflanzen aus der Schirmfläche. Es bestand keine Abhängigkeit zwischen dem Stärkegehalt der Rinde der individuellen Pflanzen und dem Benagungsgrad durch die Rötelmäuse.

## Proteinaminosäuren

Der Gehalt an Proteinaminosäuren in der Rinde wies standortabhängig Unterschiede auf (Abb'n. 2.38 -2.42), die Pflanzen von der Freifläche hatten deutlich höhere Proteinaminosäuregehalte als diejenigen, die unter Schirm aufgewachsen waren.

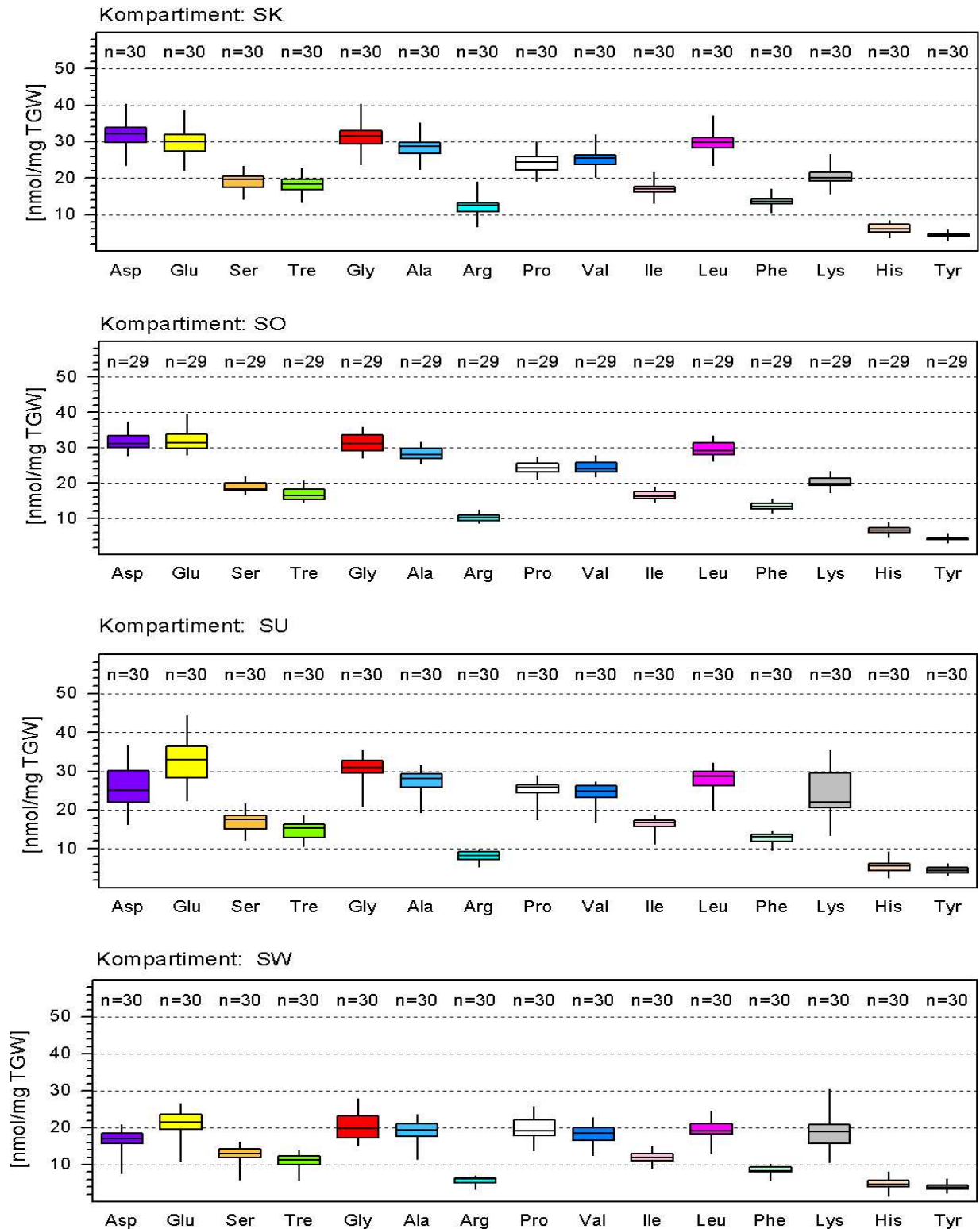


**Abb. 2.38:** Gehalte an Proteinaminosäuren in Rinde von Buchenjungpflanzen aus Naturverjüngung (oberer Stammabschnitt 20 - 40 cm über dem Boden) Die zugehörigen unteren Abschnitte (Wurzel und Stamm von 0 - 20 cm) dieser Pflanzen wurden in den Wahlversuchen vom 20.01.2000 eingesetzt. (Herkunft: F = Freifläche, S = Schirmfläche)

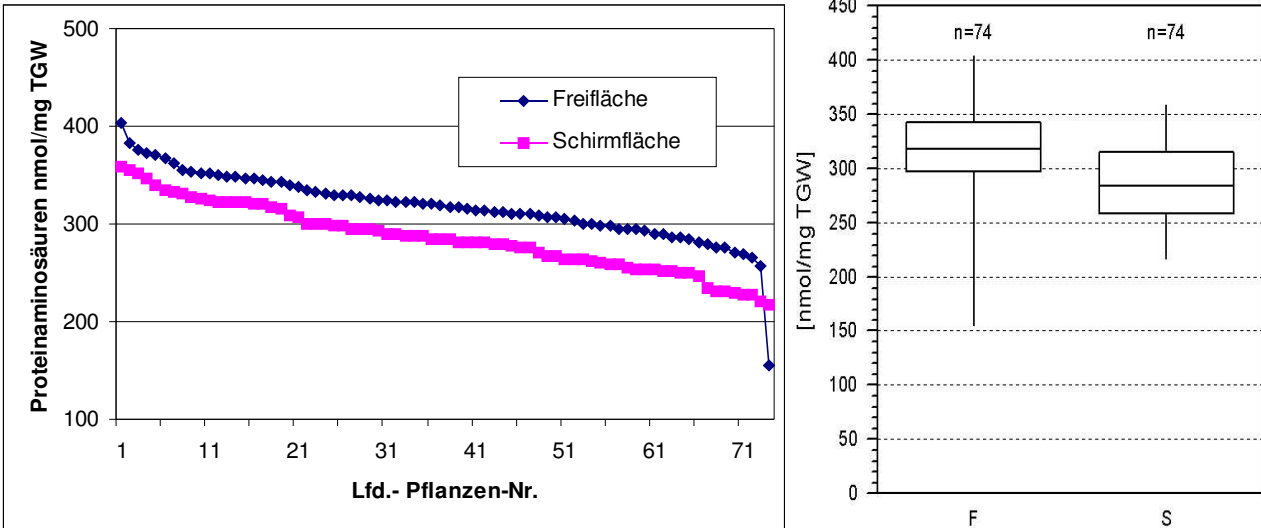


**Abb. 2.39:** Proteinamino­säure­gehalte in der Rinde von Jungbuchen aus Freiflächenherkunft, getrennt nach Pflanzenkompartimenten (K = Krone; O = Oberer Stammbereich, 20–40cm über dem Boden; U = Unterer Stammbereich, 0 – 20 cm über dem Boden; W = Wurzel, erster 20 cm – Abschnitt)

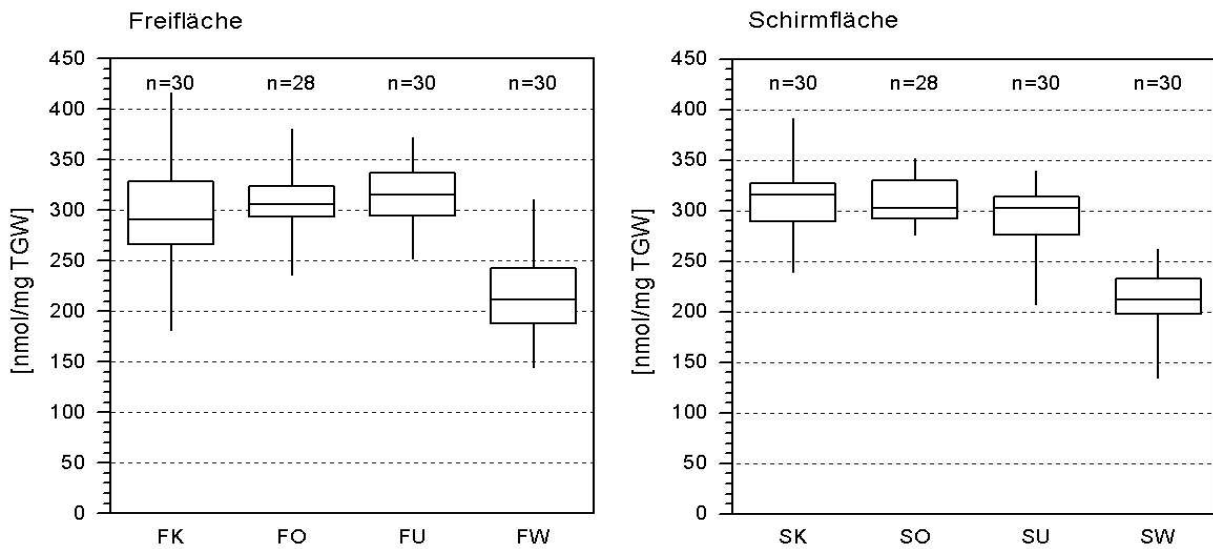




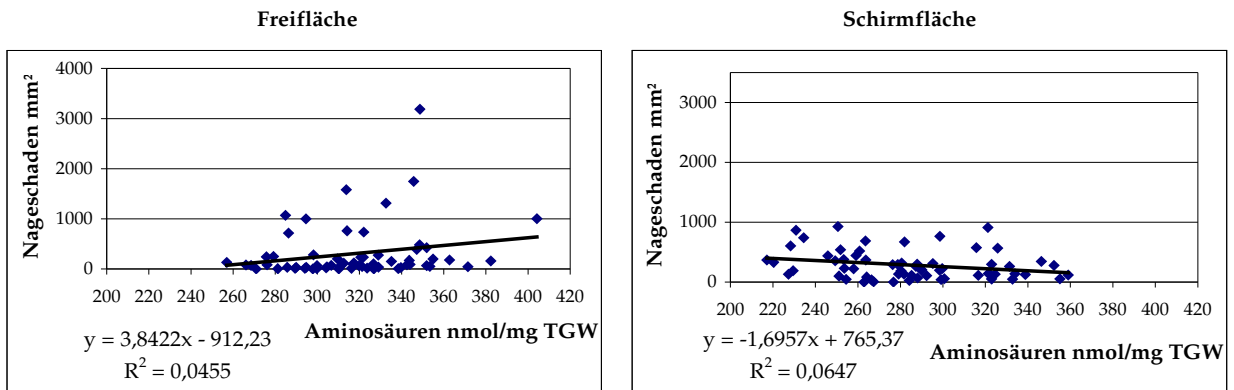
**Abb. 2.40:** Proteinamino­säure­enge­halte in der Rinde von Jung­buchen aus Schirm­flä­chen­her­kunft, ge­trennt nach Pflanz­en­kom­partimen­ten (K = Krone; O = Oberer Stamm­be­reich, 20 – 40 cm über dem Boden; U = Unterer Stamm­be­reich, 0 – 20 cm über dem Boden; W = Wurzel, erster 20 cm – Ab­schnitt)



**Abb. 2.41:** Proteinamino säuregehalte der Rinde von Buchenjungepflanzen aus Naturverjüngung (oberer Stammabschnitt 20 - 40 cm über dem Boden), links: absteigend nach Größe geordnet, rechts: Verteilung. Die zugehörigen unteren Abschnitte dieser Pflanzen wurden in den Wahlversuchen vom 20.01.2000 eingesetzt. (Herkunft: F = Freifläche, S = Schirmfläche)



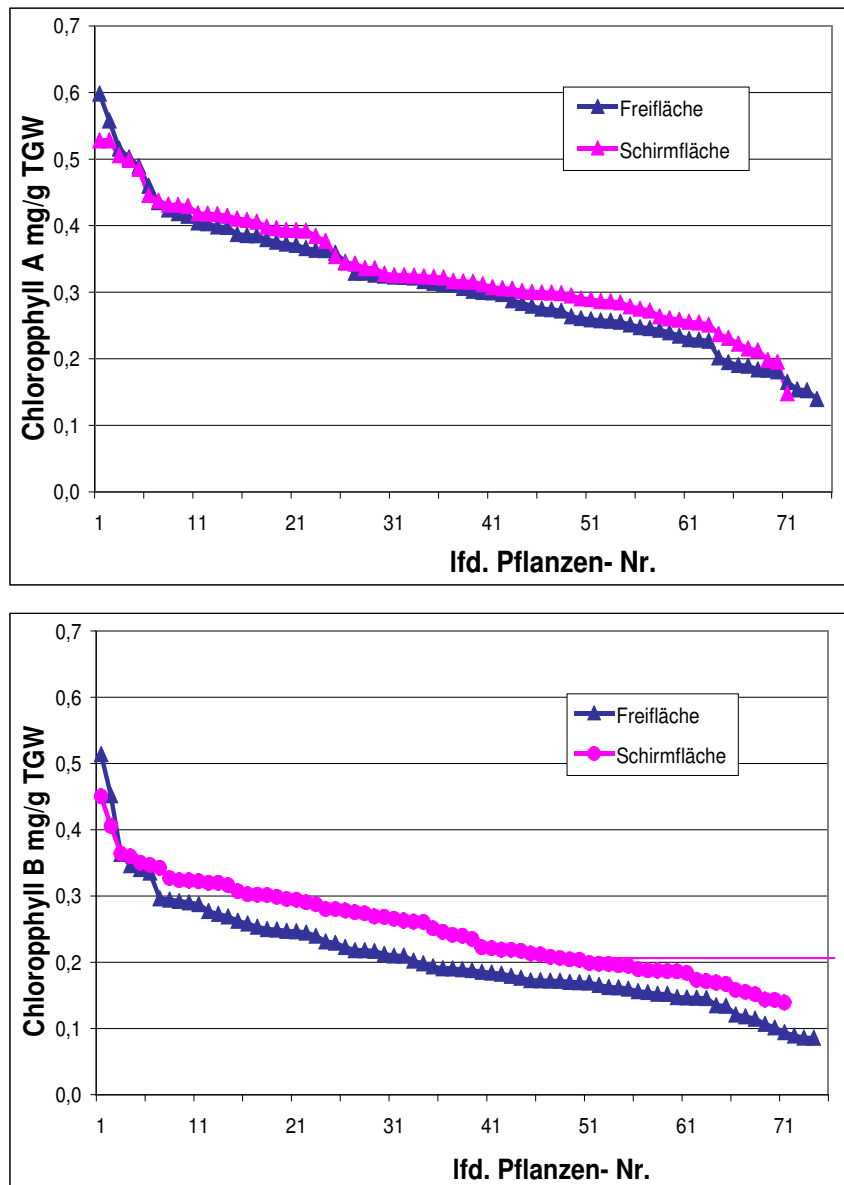
**Abb. 2.42:** Gesamt -Proteinamino säuregehalte in der Rinde von Jungbuchen, getrennt nach Herkunft und Pflanzenkompartimenten (K = Krone; O = Oberer Stammbereich, 20 – 40 cm über dem Boden, U = Unterer Stammbereich, 0 – 20 cm über dem Boden, W = Wurzel, erster 20 cm – Abschnitt)



**Abb. 2.43:** Beziehung zwischen den Proteinamino säuregehalten in der Rinde von Jungbuchen aus dem Stammabschnitt 20-40cm über dem Boden und der Attraktivität der Rinde für Rötelmäuse am zum selben Baum gehörigen unteren Abschnitt (0-20cm über dem Boden), gemessen an der Größe des Nageschadens. Wahlversuche vom 21.01.2000.

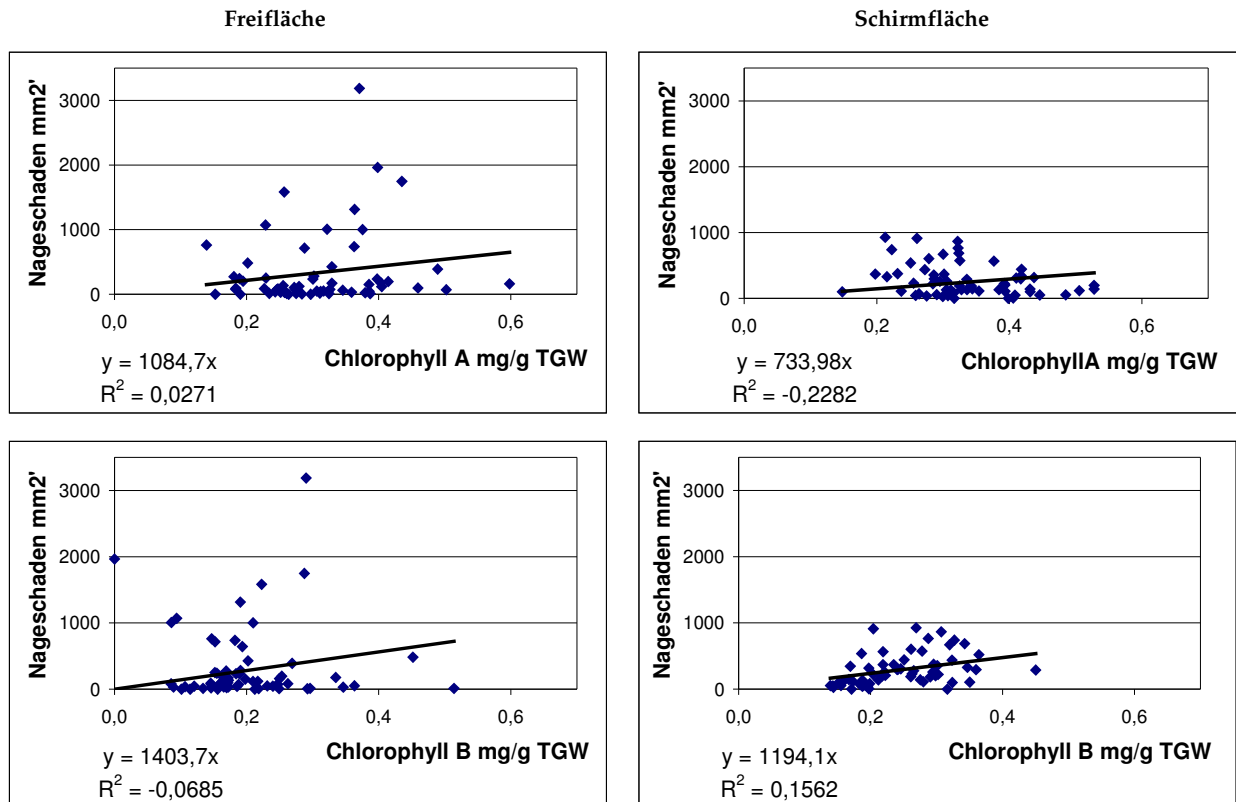
Neben einem höheren Gehalt an Proteinamino säuren in der Rinde der Freiflächenpflanzen lagen die Extreme der Schadensstärke höher (Abb. 2.43), eine eindeutige Korrelation zwischen der Höhe der Aminosäuregehalte und der Fraßstärke war jedoch nicht festzustellen.

## Chlorophyll



**Abb. 2.44:** Gehalt an Chlorophyll A und B in der Rinde von Buchenjungpflanzen aus Naturverjüngung (oberer Stammabschnitt 20 - 40 cm über dem Boden) in absteigender Reihenfolge geordnet. Die zugehörigen unteren Abschnitte dieser Pflanzen wurden in den Wahlversuchen vom 20.01.2000 eingesetzt. ( Herkunft: F = Freifläche, S = Schirmfläche)

Die Rinde der Pflanzen von der Schirmfläche enthielt etwas mehr Chlorophyll als diejenige der Freiflächenpflanzen. Dies war bei Chlorophyll B deutlicher zu erkennen als bei Chlorophyll A. Insgesamt waren sich die Kurvenverläufe sehr ähnlich, die Schwankungen innerhalb eines Kompartiments waren bei beiden Chlorophyllwerten erheblich größer als die Unterschiede zwischen diesen.

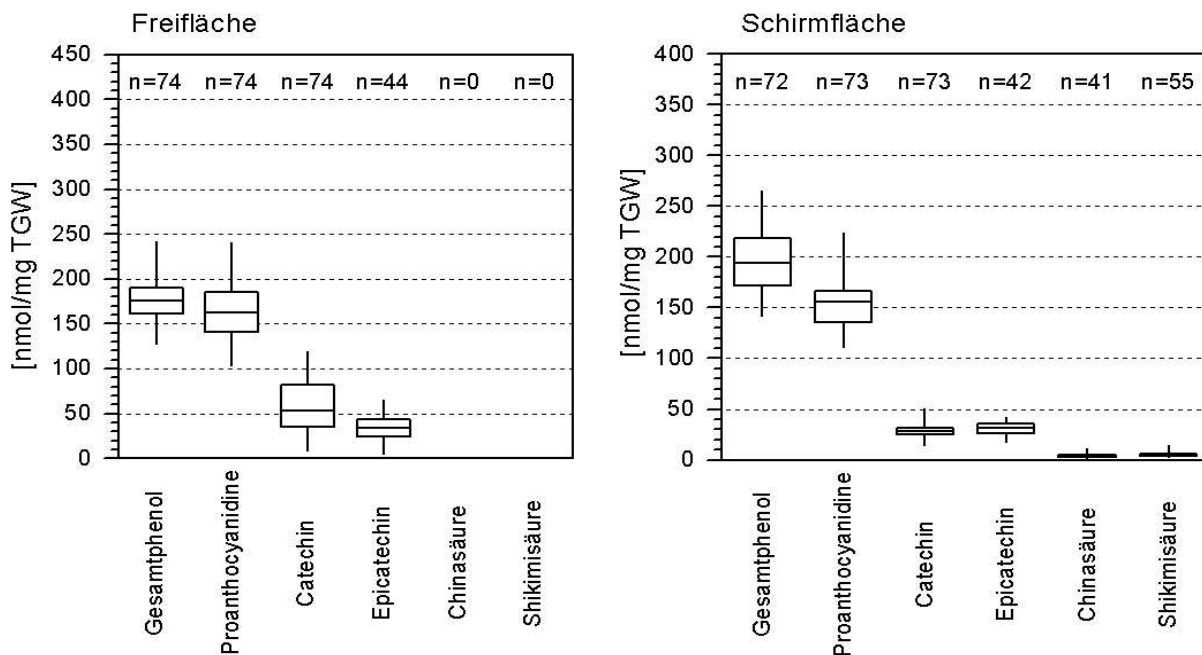


**Abb. 2.45:** Beziehung zwischen den Chlorophyllgehalten in der Rinde von Jungbuchen aus dem Stammabschnitt 20-40cm über dem Boden und der Attraktivität der Rinde für Rötelmäuse am zum selben Baum gehörigen unteren Abschnitt (0-20cm über dem Boden), gemessen an der Größe des Nageschadens. Wahlversuche vom 21.01.2000.

Eine Korrelation zwischen dem Chlorophyllgehalt in der Rinde der Jungbuchen und den von den Rötelmäusen an denselben Pflanzen verursachten Nageschäden als Parameter für deren Attraktivität lag nicht vor.

### 2.5.1.2 Abwehrstoffe

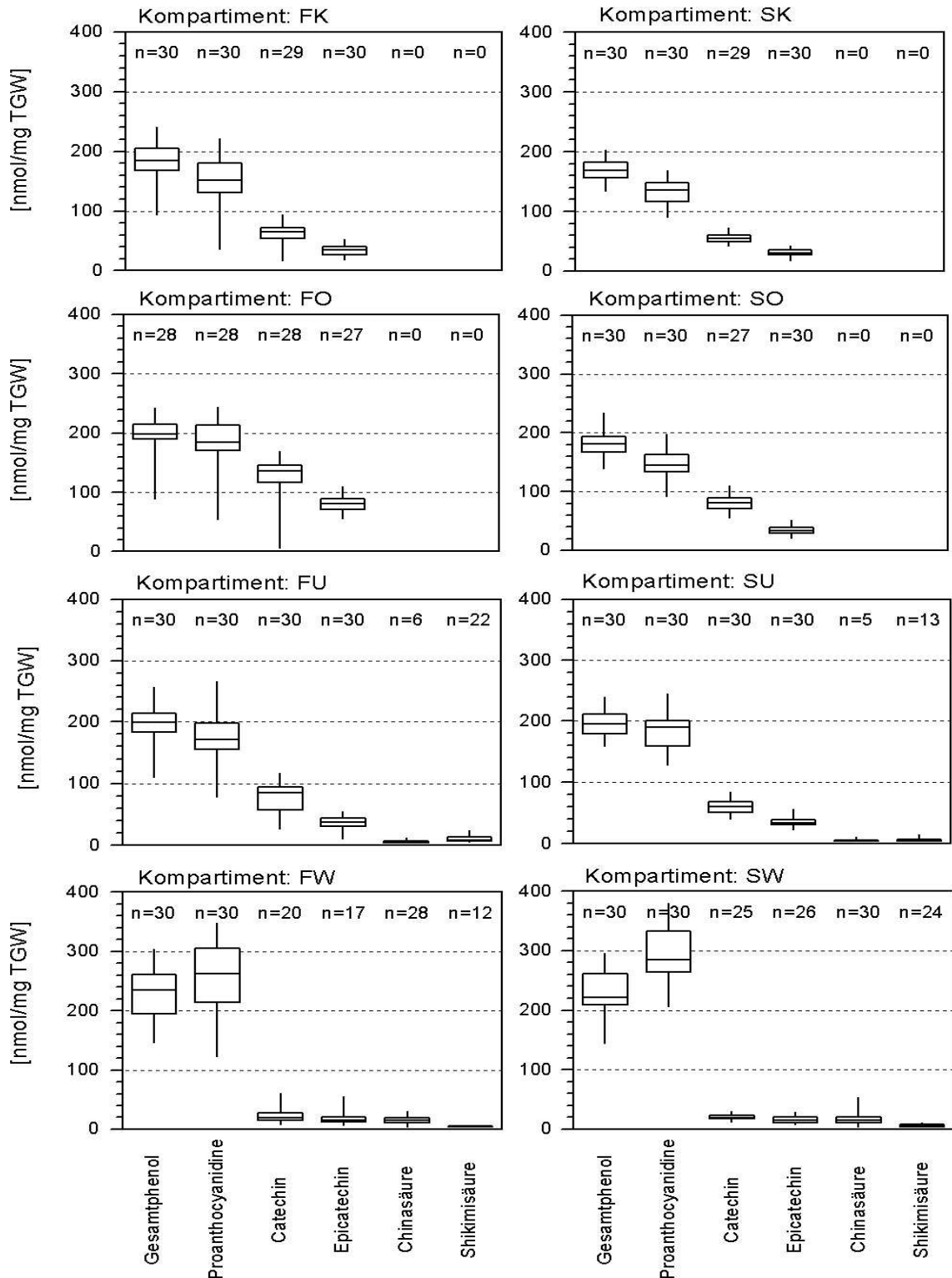
Verschiedene Inhaltsstoffe dienen den Pflanzen zur Abwehr von Freßfeinden und Pilzinfektionen. In den vorliegenden Untersuchungen wurde der Gehalt an Gesamtphenol, Proanthocyanidinen, Catechin, Epicatechin, Chinasäure und Shikimisäure analysiert.



**Abb. 2.46:** Abwehrstoffgehalte in der Rinde von Jungbuchen aus 20 – 40 cm Höhe über dem Boden. Zugehörige Pflanzenabschnitte aus Wurzel und erstem 20 cm-Stammstück wurden in den Wahlversuchen vom 20.01.2000 eingesetzt.

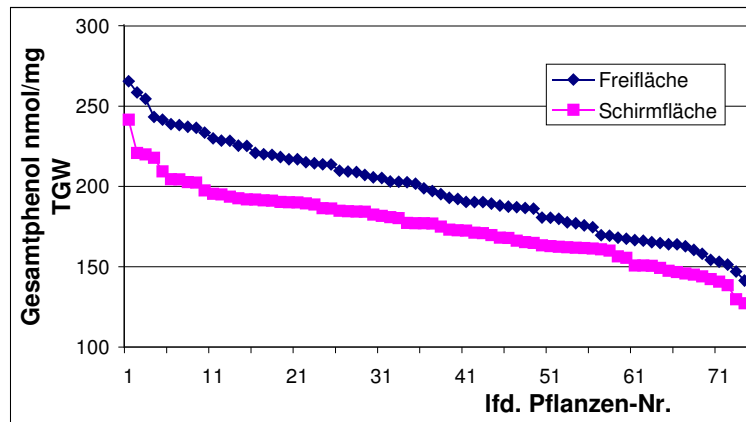
Die Gehalte an Abwehrstoffen in der Rinde der Jungbuchen zwischen Frei- und Schirmflächenherkünften unterschieden sich größenordnungsmäßig nicht stark, auffällig waren auch hier die wesentlich größeren Schwankungsbereiche bei den Freiflächenpflanzen. Insgesamt lag der durchschnittliche Gehalt bei den Freiflächenpflanzen fast durchgehend etwas höher.

Eine Ausnahme hiervon stellten die Proanthocyanidine im unteren Stammbereich und in der Rinde der Wurzeln dar, hier wiesen die Schirmflächenpflanzen deutlich höhere Gehalte auf als die Pflanzen von der Freifläche. In der Wurzelrinde beider Herkünfte waren die übrigen Abwehrstoffe nur in Spuren nachweisbar.

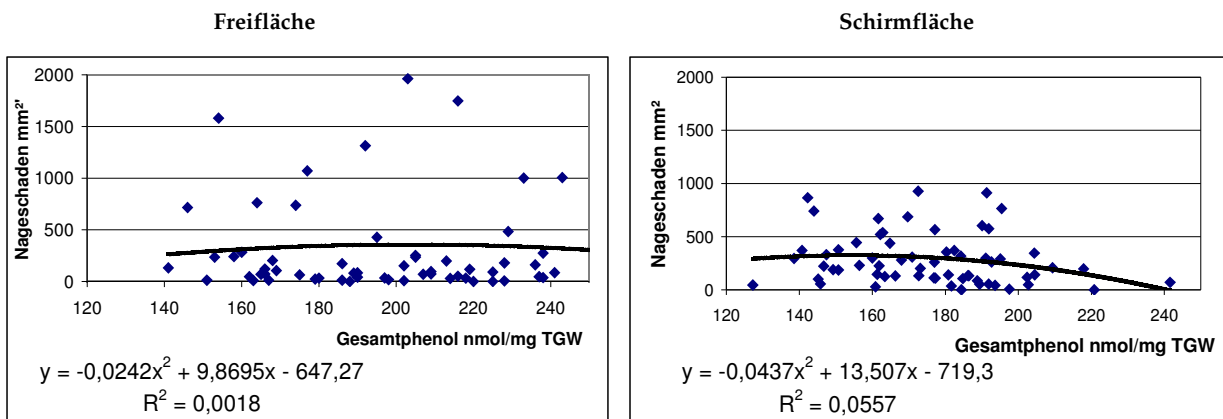


**Abb. 2.47:** Zusammenfassung der Abwehrstoffgehalte in der Rinde von Jungbuchen  
 (Herkunft: F = Freifläche, S = Schirmfläche; Pflanzenkompartimente: K = Krone;  
 O = Oberer Stammbereich, 20 – 40 cm über dem Boden; U = Unterer Stammbereich,  
 0 – 20 cm über dem Boden; W = Wurzel, erster 20 cm - Abschnitt)

## Gesamtphenol



**Abb. 2.48:** Gesamt-Phenolgehalte der Rinde von Buchenjüngpflanzen aus Naturverjüngung. Der Gesamtgehalt an phenolischen Verbindungen in der Rinde der jungen Buchen lag bei den Pflanzen von der Freifläche deutlich höher als bei denjenigen von der Schirmfläche.



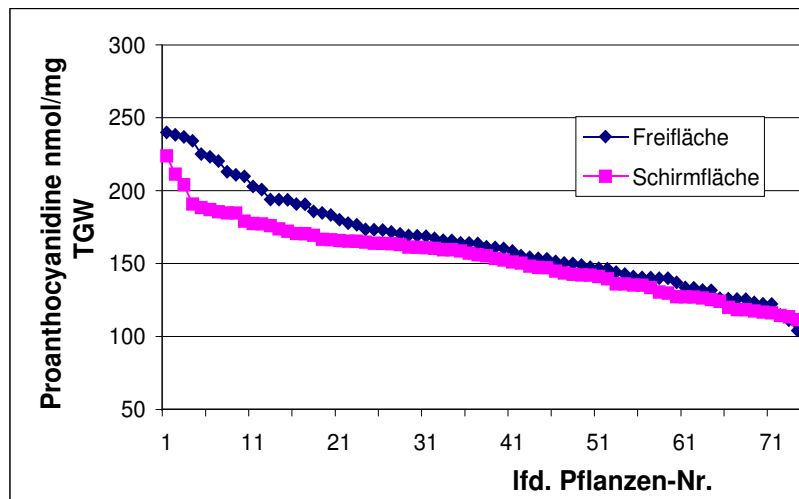
**Abb. 2.49:** Beziehung zwischen Gesamt-Phenolgehalt der Rinde und Schadfächengröße nach dreiwöchigem Rötelmausfraß an Buchenjüngpflanzen aus Naturverjüngung.

Es bestand kein meßbarer Zusammenhang zwischen Gesamtphenolgehalt und Benagen von Buchenrinde durch Rötelmäuse (Abb. 2.49).

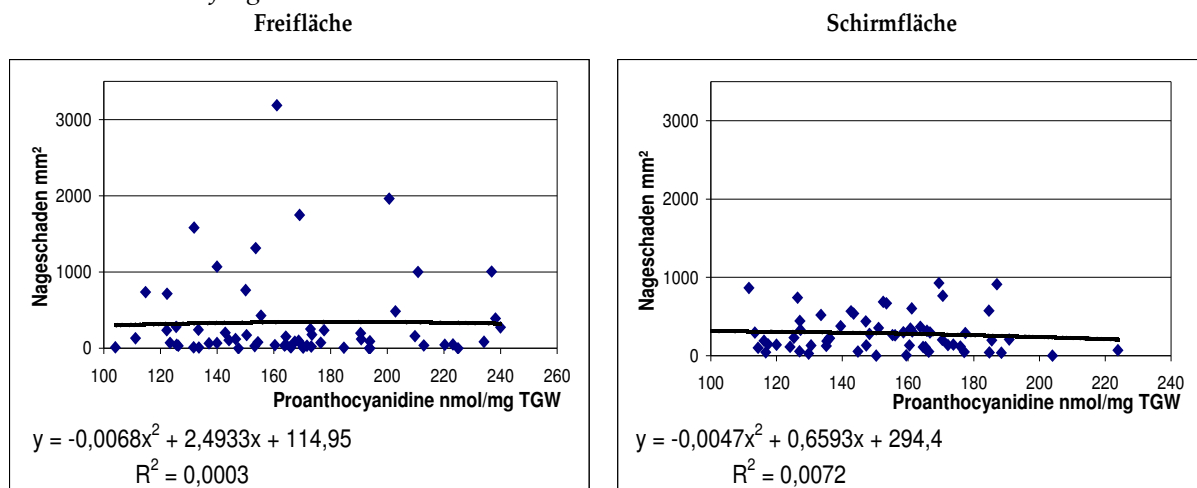


## Proanthocyanidine

Der Gehalt an Proanthocyanidinen in der Rinde der Freiflächenpflanzen war höher als derjenige in der Rinde der Schirmflächenpflanzen. Deutliche Unterschiede gab es nur bei den Pflanzen mit den höheren Gehalten.



**Abb. 2.50:** Proanthocyanidingehalte der Rinde von Buchenjungpflanzen aus Naturverjüngung, nach ihrer Größe geordnet.



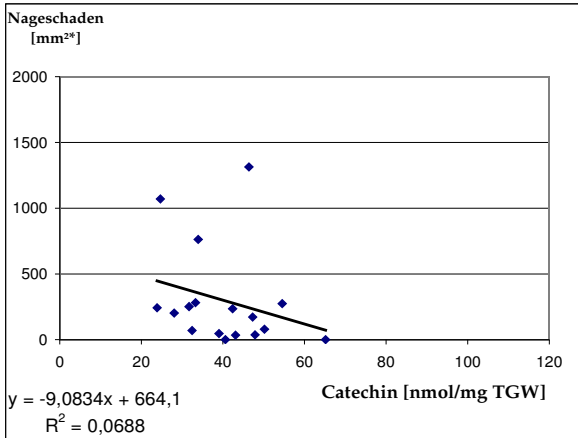
**Abb. 2.51:** Beziehung zwischen Gehalt an Proanthocyanidinen der Rinde und Schadflächengröße nach dreiwöchigem Rötelmausfraß an Buchenjungpflanzen aus Naturverjüngung.

Für die Proanthocyanidine wurde kein Einfluß unterschiedlicher Gehalte auf die durch die Rötelmäuse befallene Rindenfläche festgestellt.

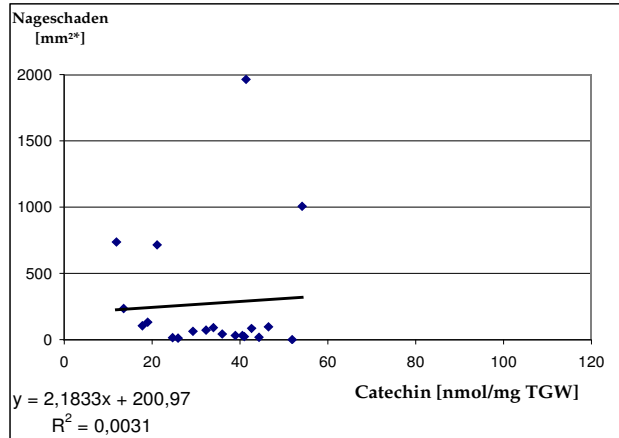
## Catechin und Epicatechin

### Freiflächenpflanzen

Wiederholung Nr. 1

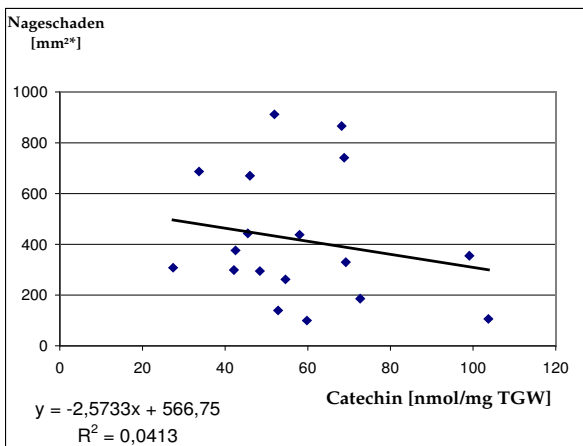


Wiederholung Nr. 2

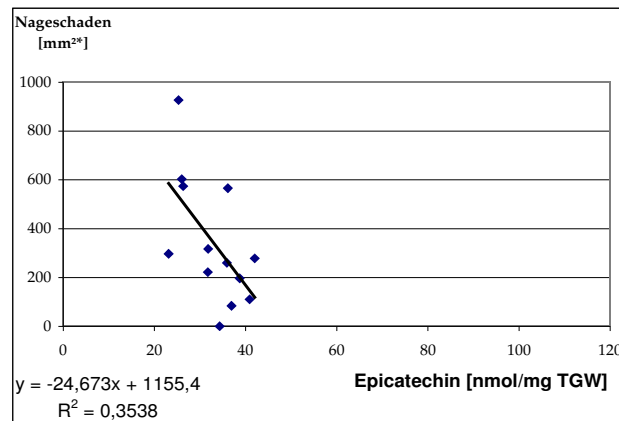
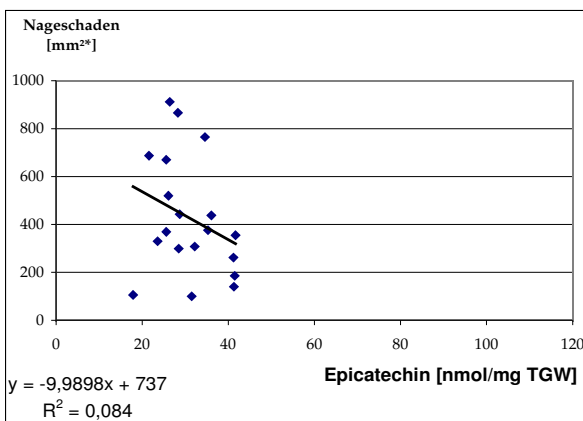
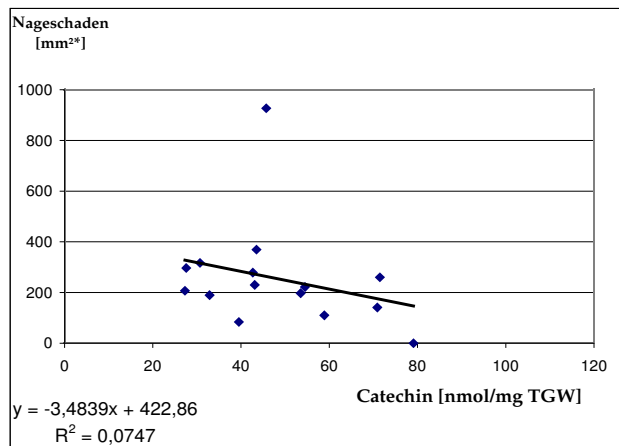


### Schirmflächenpflanzen

Wiederholung Nr. 1



Wiederholung Nr. 2



**Abb. 2.52:** Beziehungen zwischen den Gehalten an Catechin und Epicatechin in der Rinde des oberen Stammabschnittes (20 - 40 cm über dem Boden) von Jungbuchen und der Attraktivität der darunterliegenden Stammteile (0 - 20 cm über dem Boden) für Rötelmäuse. Wahlversuche vom 21.01.2000.

Catechin und Epicatechin waren in den Vergleichspflanzen (Abb. 1.20, rechts) in höchster Konzentration im Stammbereich 20 - 40 cm über dem Boden vertreten. Dieses Ergebnis korrespondiert nicht mit den Analysen der Pflanzen für den Wahlversuch (Abb. 1.20, links), wo ein wesentlich niedrigeres Niveau erreicht wurde.

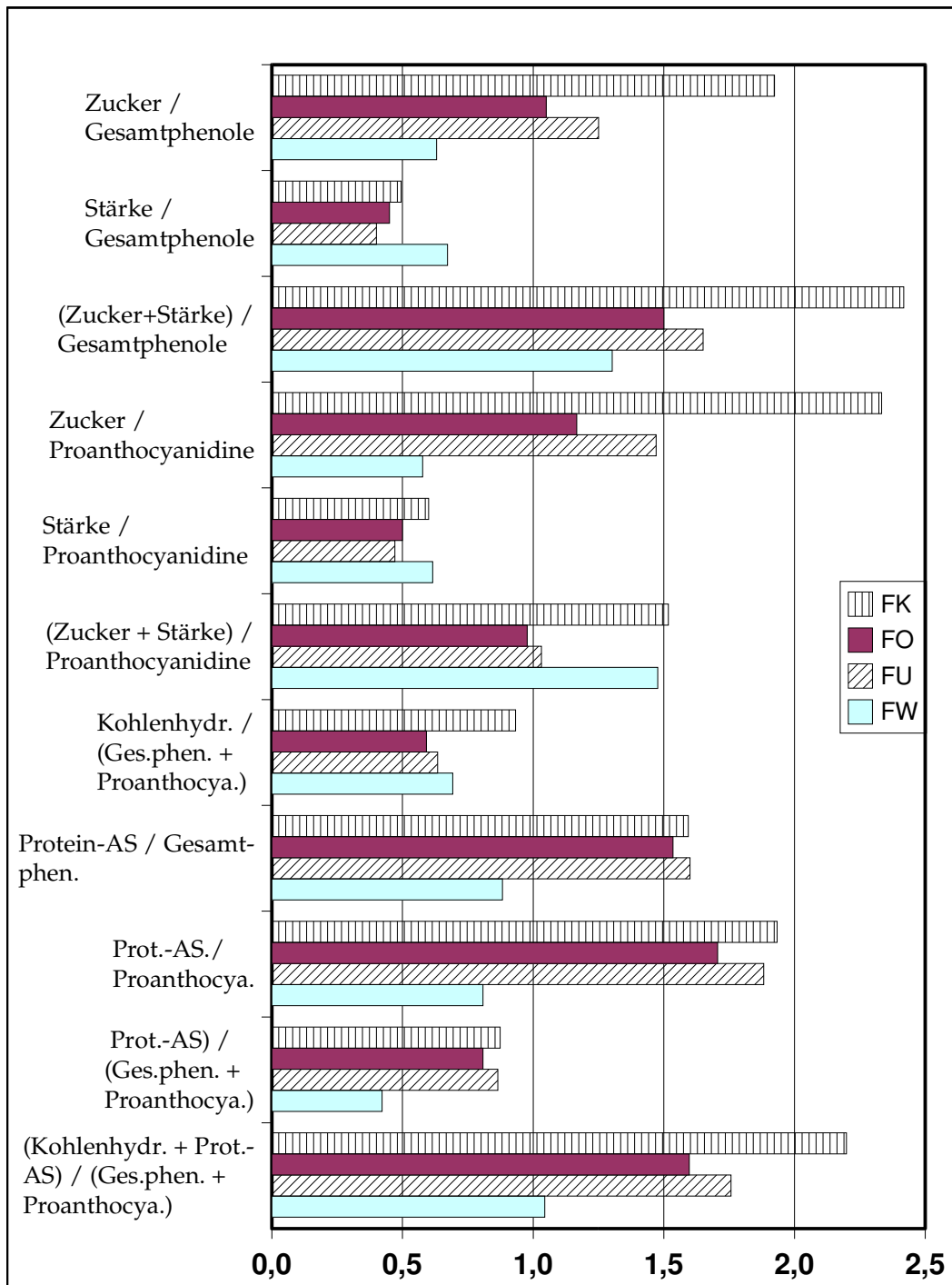
Auch für die Rindengehalte an Catechin und Epicatechin wurden keine signifikanten Zusammenhänge mit den von den Rötelmäusen in den Wahlversuchen gesetzten Nageschäden gefunden.

**Tab. 2.4:** Zusammenstellung der Bestimmtheitsmaße ( $R^2$ ) für Korrelationen zwischen baumeigenen Parametern (Stoffgehalte in der Rinde, Wurzelhalsumfang) und der Attraktivität von Buchenjungepflanzen, gemessen am Ausmaß des Nageschadens. Beim Wurzelhalsumfang gehört jeweils der obere Wert zu den Versuchen vom 21.01.00, der untere zu denjenigen vom 26.03.00.

	Freifläche $R^2$		Schirmfläche $R^2$	
	Wdh. 1	Wdh. 2	Wdh. 1	Wdh. 2
Fructose	0,0007	0,0056	0,0022	0,0030
Glucose	0,0047	0,0072	0,0034	0,0006
Saccharose	0,0255	0,0219	0,0609	0,0086
Stärke	0,0191	0,0025	0,0649	0,0304
Protein- Aminosäuren	0,0116	6E-05	0,0561	0,0553
Chlorophyll A	-0,0927	0,0862	-0,3152	-0,2094
Chlorophyll B	-0,0984	-0,0604	0,0780	0,1160
Gesamtphenol	0,1578	0,0449	0,0232	0,0239
Proanthocyanidine	0,1128	0,03	0,0031	0,0061
Epicatechin	0,0661	0,0705	(0,3956(N=4))	0 (N=0))
Catechin	0,0212	0,0610	0,0115	0,0113
Shikimisäure	0,0414	0,0931	0,0818	0,0695
Chinasäure	0,0494	0,0034	0,0034	0,0267
Wurzelhalsumfang	0,0520	0,1339	2E-05	0,1012
	0,0001	0,0580	0,0129	0,0196

Die Bestimmtheitsmaße (Tab. 2.4) verdeutlichen, daß keine Zusammenhänge zwischen der Attraktivität von Buchenpflanzen oder ihrer Herkunft aus Frei- oder Schirmfläche und einem ihrer Rindeninhaltsstoffe bestehen. Dasselbe gilt für den Wurzelhalsumfang.

### 2.5.1.3 Nährwertindizes



**Abb. 2.53 :** Nährwertindizes der Rinde der einzelnen Pflanzenteile:

Kronenbereich = 90° -Schraffur; Oberer Stammabschnitt = dunkle Säule; Unterer Stammabschnitt = schräge Schraffur; Wurzel = helle Säule. Jeweils im Nenner stehen die Nährstoffe, im Zähler die Störstoffe. Je höher der Wert, desto höher der Nährwert der Rinde des entsprechenden Pflanzenabschnitts

**F: Freiflächenpflanzen**

**K:** Kronenabschnitt, **O:** Oberer -, **U:** Unterer Stammabschnitt, **W:** Wurzelabschnitt



**Abb. 2.54 :** Nährwertindizes der Rinde der einzelnen Pflanzenteile: Kronenbereich = 90° -Schraffur; Oberer Stammabschnitt = dunkle Säule; Unterer Stammabschnitt = schräge Schraffur; Wurzel = helle Säule. Jeweils im Nenner stehen die Nährstoffe, im Zähler die Störstoffe. Je höher der Wert, desto höher der Nährwert der Rinde des entsprechenden Pflanzenabschnitts.

**S:** Schirmflächenpflanzen

**K:** Kronenabschnitt, **O:** Oberer -, **U:** Unterer Stammabschnitt, **W:** Wurzelabschnitt

Die Betrachtung der einzelnen Pflanzeninhaltsstoffe für sich sagt noch nicht viel darüber aus, welchen Wert der betreffende Pflanzenteil als Nahrungsbestandteil für den Herbivoren darstellt. Dieser Wert zeigt sich erst, wenn man Nährstoffe und Störstoffe zueinander ins Verhältnis setzt. Je größer der Quotient aus Nährstoff und Störstoff, desto wertvoller der Nährstoff.

Die beiden Indizes

$$\frac{\text{Proteinaminosäuren}}{\text{Gesamtphenol+Proanthocyanidine}}$$

und

$$\frac{\text{Kohlenhydrate+Proteinaminosäuren}}{\text{Gesamtphenol+Proanthocyanidine}}$$

haben den größten Aussagewert, denn vor allem der Eiweißstoffwechsel wird von den phenolischen Verbindungen beeinträchtigt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Pflanzenteilen sind zum Teil beträchtlich, für Stamm- und Kronenrinde liegen die Werte dieser beiden Indizes immer höher als die der Wurzelrinde. Auffällig ist, daß die beiden Pflanzenabschnitte Krone und oberes Stammstück bei den Schirmflächenpflanzen günstigere Nährwertindizes aufweisen als diejenigen der Freiflächenpflanzen. Dies gilt nicht für die Abschnitte Wurzel und unterer Stammbereich.

### 3. Diskussion

#### 3.1 *Verfahren zur Einschätzung der Gefährdung von Forstkulturen durch Kurzschwanzmäuse*

Alljährlich muß für viele forstliche Verjüngungsflächen die Entscheidung über eine eventuell erforderliche Mäusebekämpfung getroffen werden. Die in Deutschland erlaubten Mittel und Verfahren setzen als fachliche und rechtliche Grundlage für eine Bekämpfung von Wirbeltieren (die nach Tierschutzrecht nicht ohne vernünftigen Grund getötet werden dürfen) immer eine geeignete Prognose voraus (PFLSCHG).

Seit langem ist man daher für viele praktische und wissenschaftliche Fragestellungen daran interessiert, den Kurzschwanzmausbesatz bestimmter Flächen mit möglichst einfachen Mitteln zu erfassen, beziehungsweise eine konkrete Gefährdung von Kulturflächen durch diese Kleinsäuger, zumindest für die nahe Zukunft, einzuschätzen. Auch für die Überprüfung der Wirksamkeit von Bekämpfungsmaßnahmen werden Parameter benötigt, die einen Besatzvergleich vor und nach einer Bekämpfungsmaßnahme zulassen. In der Kleinsäugerforschung übliche Methoden (Fang, Markierung und Wiederfang; Transpondertechnik; Telemetry) zur Beobachtung von populationsdynamischen Prozessen sind sehr aufwendig und scheiden daher für den Praktiker, der Schadensschwellen und Bekämpfungswirkungen feststellen möchte, von vorneherein aus.

Der sogenannte Lebendfang, bei dem Fallen eingesetzt werden, in denen das Tier unverletzt festgehalten wird, ist für die betroffene Kleinsäugerpopulation selten völlig verlustfrei (FERNS 1978), mitunter sogar katastrophal, wie das Beispiel aus Tabelle 3.1 belegt. Der Einsatz von Schlagfallen greift jedoch in jedem Fall direkt in die Population ein.

Bei den üblichen Fallenzahlen von 50 bis 100 Stück pro Hektar über zwei Fangnächte ist bei Erd- und Rötelmaus die mögliche Dezimierung der Ausgangspopulation durch die Prognosemethode „Fallenfang“ unter Umständen genauso groß oder sogar noch größer als die Auswirkungen natürlicher Einflußfaktoren wie Wetter, Veränderungen der Nahrungsbasis und Prädation (NIEMEYER, KRÜGER et al. 1995; SCHMIDT 1994). Im Gegensatz zu SCHINDLER (1970) haben ECKART (1990) und NIEMEYER (1993) für Bekämpfungsaktionen keinen direkten Zusammenhang zwischen den Fanghäufigkeiten von Lebendvor- und -nachfang bei zwischen den zwei

Terminen durchgeführten Schlagfallenfang gefunden. Allerdings konnte auch kein Totalausfang (OLSEN 1975) erreicht werden, der genaue Aussagen über die prozentualen Anteile der gefangenen Tiere an der Gesamtpopulation auf den jeweiligen Flächen zuließe (ECKART 1990).

**Tab. 3.1:** Entwicklung von Fängen in 25 Lebendfallen (30 x 30m Quadratverband) im Verlauf einer Mäusefraßperiode auf der Versuchsfläche „Leineholz“ der NFV (verwendet wurde eine Mehrfach-Lebendfalle mit Futter und gepolsterter Nestkammer, die ständig auf der Fläche verblieb und nur zu den Fangterminen für jeweils eine Nacht fängisch gestellt und am Morgen kontrolliert wurde)  
(Quelle: NFV unveröffentlicht)

Datum	Erdmäuse ( <i>Micr. agr.</i> )		Rötelmäuse ( <i>Clethr. glar.</i> )		Bemerkungen	
	davon lebend und wieder freigelassen	verendet	davon lebend und wieder freigelassen	verendet		
13.11.	4	4	25	9	Insgesamt 20 Rötelmäuse ( <i>Clethrionomys glareolus</i> ) und 13 Erdmäuse ( <i>Microtus agrestis</i> ) sind in den ersten fünf Fangperioden in den Lebendfallen verendet. Dies stellt eine starke Reduktion, besonders der Rötelmauspopulation dar. Die hohen Verluste waren v.a. auf tiefe Temperaturen und/oder Nässe zurückzuführen. Für den weiteren Fortgang der Untersuchungen wurde daher bei Gefahr tiefer Nachttemperaturen (<2°C) oder von Regenfällen der Fang ausgesetzt. Die Fangsummen stellen <b>nicht</b> die Gesamtzahl gefangener Tiere dar, sondern Fanghäufigkeiten. Die Mäuse integrieren die nicht fängischen, permanent auf der Fläche verweilenden Fallen in ihr Bausystem, dadurch werden in derselben Falle häufig dieselben Individuen angetroffen.	
20.11.	2		10	2		
27.11.	4	1	6	5		
04.12.	9	5	5	3		
11.12.	5	3	3	1		
18.12.	1		6	1		
22.01.	3					
12.02.	5		1			
20.02.	3		2			
26.02.	1					
06.03.	2	1				
19.03.	7		1			
26.03.	4					
02.04.	6		2			
11.04.	3					
17.04.	4	2				
25.04.	2					
30.04.	9					
	74	16	61	21		



### 3.1.1 Der „Index 100 Fallennächte“

Anders als von HANSKI et al. (1994) postuliert, ist die Aussagekraft der aus Fallenfängen errechneten Besatzdichten oder Indexzahlen für die Schadschwellenbestimmung zweifelhaft, weil die Fangergebnisse nicht gleichmäßig bestimmte Prozentanteile der Population widerspiegeln, wie dies TURCEK (1957) und vor allem XIA u. BOONSTRAA (1992) erläutern. Vielmehr stellen diese Ergebnisse, abhängig von der Witterung, Fallenverteilung, Fallenfunktionsfähigkeit<sup>9</sup>, Qualität der Aufstellung, Eigengeruch des Fallenstellers, Art des Köders, Schneckenvorkommen u.a.m., lediglich eine Momentaufnahme der Gesamtsituation in den jeweiligen Fangnächten dar, von der die Mäuseaktivität nur einer von etlichen Faktoren ist. Selbst wenn alle Störfaktoren ausgeschlossen sind und damit das Ergebnis einen echten Index-Wert darstellt, gestattet dieser nicht einmal eine Vorhersage um wenige Wochen (NIEMEYER 1993; NIEMEYER u. WATZEK 1992). Hinzu kommt, daß für die Berechnung der Indizes in der Regel bisher stillschweigend davon ausgegangen wurde, daß die nicht mit rindenfressenden Kurzschwanzmäusen besetzten Fallen bei der Kontrolle leer standen, also ein nicht von den zu prognostizierenden Mäusen genutztes Fangpotential darstellten. Um einen vertrauenswürdigen Index zu berechnen, hätte jedoch die Ausgangszahl der Fallennächte zunächst um jede von einer anderen Tierart besetzte Falle (Langschwanzmäuse, Spitzmäuse, Schnecken, Kleinvögel) oder durch geklärte oder ungeklärte Ursachen nicht oder nicht mehr fängische Falle (durch Regen oder Tau gequollenes Holz und damit Klemmen der Falle, durch Regen oder herabfallende Zweige ausgelöste Fallen, durch Schnecken oder andere Tiere „entköderte“ Fallen etc.) bereinigt werden müssen, um anschließend wieder auf 100 Fallennächte hochgerechnet zu werden. Das aber ist in der Praxis bisher nicht der Fall; THIEL (2000) konstatiert lediglich den teilweise hohen Anteil der Fehlfunktionen, berücksichtigt aber weder diese noch die Fehlfänge bei der Indexberechnung.

Wenn aus wirtschaftlichen Gründen (Arbeitszeit) die Anzahl der Fallen je Fangfläche halbiert wird und nur noch 25 Fallen eingesetzt werden, kann dies im Ergebnis dazu führen, daß Prognosefänge vortäuschen, daß sich keine oder nur wenige Mäuse der „gefährlichen“ Arten auf einer bestimmten

<sup>9</sup>) Auslösegewicht, Oxidation der Metallbügel und Federn usw.

Kulturfläche aufhalten. Dann sind oft im folgenden Frühjahr beträchtliche Schäden zu verzeichnen. Selbst erfahrene Forstleute haben schon im Vertrauen auf die Aussagekraft ihrer Prognosefänge andere Nagerarten (v.a. Gelbhalsmaus und Waldmaus, die in der Regel keine Rindenschäden verursachen) verdächtigt, die Urheber gewesen zu sein.

Vollkommen unberührt bei diesen Überlegungen bleiben Arten- und Tierschutzaspekte, die bei allen Fallenmethoden eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen (NIEMEYER, SCHMIDT u. KRÜGER 1994; SCHMIDT, 1994). Denn oft fangen sich in den Schlagfallen geschützte Arten (Langschwanzmäuse, Spitzmäuse, Singvögel u.a.m.). Vor allem bei den körperlich etwas robusteren Arten (v.a. Gelbhalsmaus) werden die gefangenen Tiere häufig nicht sofort getötet, sondern lediglich mehr oder weniger schwer verletzt.

### **3.1.2 Das Steckholzverfahren**

Besser geeignet erscheint, sofern keine scharfe Trennung nach Arten gefordert ist, eine Nachweismethode, die direkt von den Mäusen bzw. ihrer Populationsdichte abhängt. Auch wenn es um die Feststellung von Dichteänderungen unter Einbeziehung bekämpfungsbedingter Ursachen geht, ist eine Methode, die nicht in die Population eingreift, den Fallenfängen überlegen. Ein Parameter, der in besonderem Maße direkt von der Populationsdichte abhängt, ist die Nahrungsaufnahme pro Flächen- und Zeiteinheit.

Es mußte also ein Köder gefunden werden, der

- eine hohe selektive Attraktivität für die oberirdisch fressenden Kurzschwanzmäuse, aufweist,
- witterungsbeständig ist,
- über längere Perioden im Gelände verbleiben kann, ohne seine Attraktivität zu verlieren,
- leicht zu beschaffen und auszubringen ist,
- leicht zu kontrollieren ist,
- an dem möglichst direkt abgelesen werden kann, wie stark der Mäusebesatz auf einer gegebenen Fläche ist.

Die Köder sollten über eine Rückrechnung der Aufnahme­raten in Relation zur maximalen täglichen Aufnahme je Maus Schlüsse auf die Population zulassen. HANSSON (1973) weist auf die Attraktivität fetthaltiger Köder für die Erdmaus und andere Kleinsäuger hin. Anfängliche eigene Experimente mit paraffin- und bienenwachsgebundenen Köderblöcken zeigten, daß diese auch für Langschwanzmäuse, andere Säuger und sogar Vögel attraktiv sind. Damit scheiden sie als Indikatoren für die Kurzschwanzmauspopulation aus. Weitere Köder, wie z.B. gesalzene Buchenstößchen (ROYER 1997, ROYER u. DUCOURTIEUX (1997a&b) sind zwar hochattraktiv, eignen sich aber nicht für den angestrebten Zweck des Nachweises forstschädlicher **Kurzschwanzmäuse**, da auch alle (in sehr viel größeren Arealen aktiven) Langschwanzmäuse versuchen, an diesen ihren Salzbedarf (HANSSON 1991) zu decken.

Vielleicht die wichtigste praktische Bedeutung der Wühlmäuse für die Forstwirtschaft ist in dem Schaden zu suchen, den Erd-, Feld- und Rötelmaus im Herbst und Winter durch Rindenfraß den jungen Forstbäumen zufügen (BÄUMLER 1981; BUCYANAYANDI et al. 1992; HANSSON 1986; HARJU 1996; HARJU u. HAKKARAINEN 1996; LARSSON 1973, 1975 u. 1976; ULOTH 1961). Es liegt also nahe, in irgendeiner Form diesen Schaden als Indikator zu nutzen, jedenfalls für Untersuchungen im Herbst und Winter.

Da unterschiedliche Baumarten verschiedener Entwicklungsstufen in unterschiedlicher Verteilung und Mischung auf den von Mäusen besiedelten Flächen stocken, muß eine Baumart gewählt werden, die allen anderen vorgezogen und zeitlich eher angenommen wird als der zu schützende Bestand. Diese muß dann so zugerichtet und angeboten werden, daß sie als Weiserköder dienen kann.

SWOBODA (1978) fand in Käfigversuchen folgende Reihung der Attraktivität für die **Erdmaus**: Bergahorn > Pappel (*P. hybr.*) > Stieleiche > Buche > Hainbuche > Bergulme und weitere, für die **Rötelmaus**: Buche > Pappel > Erle > Roteiche > Ahorn > Linde > Hainbuche > Lärche > Douglasie > Fichte > Kiefer und für die **Feldmaus**: Ahorn > Erle > Buche > Pappel > Hainbuche > Roteiche > Lärche > Linde > Kiefer > Douglasie > Fichte. Diese Ergebnisse sind entweder auf die geringe Aussagekraft von Käfigversuchen zurückzuführen oder weisen auf eine anders geartete regionale Ausprägung des Geschmacks der Mäuse in Bayern gegenüber dem niedersächsischen Untersuchungsgebiet hin. Bergahorn wird im niedersächsischen Flachland und im Leinebergland fast überhaupt nicht beachtet, im Harz (NFV unveröff.)

und Vogelsberg (OTT u. WINTER 2000) dagegen gerne angenommen; Erle wird in Südniedersachsen fast gänzlich verschmäht; Linde vollständig, in Böhmen dagegen bevorzugt befressen; Lärche und Douglasie werden in Niedersachsen von der Rötelmaus sehr gerne angenommen (GONSCHORREK 1989).

Entscheidend kann auch sein, wie frisch das geschnittene Material ist, wenn es angenommen wird: ROY u. BERGERON (1990) fanden, daß *Microtus pennsylvanicus* Koniferenäste zunächst nur abbeißt und erst nach einigen Tagen die Rinde frißt, wenn Veränderungen im Inhaltsstoffgehalt abgelaufen sind.

Freilanduntersuchungen in Südniedersachsen ergaben für alle drei Mäusearten folgende Reihung höchster Attraktivität: junge Rinde von Apfel, gefolgt von Hainbuche, Grauweide und Esche. Für die Verwendung als Weiserköder hervorragend geeignet sind die **Apfel-Wasserreiser**, die fast überall zwischen Herbst und Frühjahr zeitgerecht geworben werden können. Eine Unterscheidung der Verursacherarten nach dem Fraßbild ist nicht möglich; die früher angenommenen Merkmale „Marmorierung“ für die Rötelmaus und „Splintverletzung“ für die Erdmaus stimmen unter Umständen im Einzelfall. Die Übergänge und gegenteiligen Fraßbilder sind jedoch so vielgestaltig, daß diese Kennzeichen zur Artdifferenzierung nicht geeignet sind.

Eine Verwechslung der Nagespuren der Kurzschwanzmäuse mit Fraßspuren z.B. von Langschwanzmäusen kann weitgehend ausgeschlossen werden. BÄUMLER (1986) bemerkt, daß „im allgemeinen die Gelbhalsmaus keine Rindennahrung annimmt“. Für die Waldmaus hat HANSSON (1967) zwar holzige Pflanzenstengel, jedoch keine Baumrinde als Nahrungsbestandteile nachgewiesen.

Gefangenschaftsbeobachtungen, vor allem an Käfigtieren, können nicht herangezogen werden, da in der speziellen Käfigsituation alles Mögliche benagt wird, unter anderem von der Gelbhalsmaus völlig trockene Zweige von Spitzahorn<sup>10</sup> und Apfel (Rinde **und** Holz!); Wühlmäuse zernagen in derart reizarmen Situationen alles, selbst Bleistifte (KRÜGER, unveröff. Beobachtungen).

Die Schermaus als ebenfalls bedeutender Schädiger von Forstkulturen bleibt hier unberücksichtigt, da sie durch ihre unterirdische Lebensweise völlig andere Schäden verursacht und andere Nachweis- und Bekämpfungsverfahren notwendig macht (AIROLDI et al. 1976, SAUCY 1987, MEYLAN 1976, 1977).

---

10) Extrakt von Spitzahornsamen ist für Mäuse toxisch (FONG et al. 1972)

Die hohe Attraktivität des Weiserköders für Erd- und Rötelmäuse führt zwar zu einer sehr frühen und schnellen Annahme durch diejenigen Kurzschwanzmäuse, in deren Wohn- und Streifareal die Apfelzweige ausgebracht werden. Eine Gefahr, daß Mäuse über weite Entfernungen angelockt werden könnten und so die Ergebnisse sich nicht auf die tatsächlich zu beobachtende Fläche beziehen könnten, besteht jedoch nicht, da die einzelne Maus unter normalen Umständen ihr Revier (bei der Erdmaus zwischen ca. 200m<sup>2</sup> und 1500m<sup>2</sup> groß (KRAPP u. NIETHAMMER 1982) nicht verläßt, bzw. dieses auch gegen fremde Eindringlinge der eigenen Art verteidigt. Ein befürchteter Lockeffekt (BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG 1997) bis in benachbarte Bestände hinein kann daher ausgeschlossen werden.

Eine Auswanderung auf andere Flächen findet vor allem nach dem Absetzen der Jungen statt. U.U. bleiben die Jungen im Heimatareal und das Muttertier wandert ab. Eine starke Abwanderung erfolgt, wenn sich die Lebensqualität auf der angestammten Fläche deutlich verschlechtert (GLIWICZ 1993, KREBS et al 1969, MYLLYMÄKI 1977, SAUCY 1988). So wandern z.B. Feldmäuse nach dem Pflügen oder bei Überschwemmungen als Gesamtpopulation aus ihrem angestammten Areal mitunter über mehrere hundert Meter in benachbarte Feld-, Wiesen- und Forstflächen aus. Bereits NAUMOV (1936) unterscheidet ständige und temporäre Habitate, SCHINDLER (1964) erwähnt die potentielle Gefährdung von Kulturen durch Zuwanderung und nach NIEMEYER u. WATZEK (1992) wandern Erdmäuse im Herbst aus übershirmten Flächen ab. Derartige Invasionen durch Mäuse aus benachbarten Flächen kann man bei regelmäßiger Kontrolle an den Apfelzweigen sehr frühzeitig feststellen, während ein den überkommenen Regeln entsprechender Prognosefang versagen muß, wenn z.B. eine Einwanderung erst nach dessen Durchführung stattfindet.

Zur Schadschwellenprognose dürfte je nach Kultur-Baumarten und Zustand der Begleitvegetation die Grenze für eine Behandlungswürdigkeit bei ca. 20 % benagter (Apfel)-Hölzchen nach einer Woche der Exposition liegen. Bei Steckhölzern anderer Baumarten wird der gleiche Benagungsgrad, außer bei sehr hohen Populationsdichten, erst nach einem deutlich längeren Zeitraum erreicht. Sind selbst nach zwei Wochen erst weniger als 10 % der Apfelsteckhölzer benagt, kommt die Fläche weder für eine Bekämpfung noch für die Untersuchung der Wirksamkeit einer Bekämpfungsmethode in Betracht. Diese Schwellenwerte sind aufgrund empirischer Erfahrungen willkürlich festgelegt, es wäre wünschenswert, sie an tatsächlichen Schäden zu

verifizieren. Dies konnte in den betroffenen Forstämtern jedoch schon aus ökonomischen Gründen nicht durchgeführt werden, da für eine solche Verifizierung je Versuchsort und Jahr mindestens eine, besser zwei Nullflächen von ausreichender Größe hätten unbehandelt bleiben müssen.

Bis zum Frühjahr auf der Fläche belassen, zeigen die Apfel-Steckhölzer deutlich an – und dies meist früher als die eigentlichen Forstpflanzen – ob eine Bekämpfungsaktion Erfolg hatte und/oder ob aus Nachbarflächen eine Wiederbesiedlung erfolgt ist.

Daß man an den Nagespuren nicht feststellen kann, ob Erd-, Feld- oder Rötelmäuse die Verursacher sind, spielt für die Forst- und Pflanzenschutzpraxis keine Rolle, da es sich bei neuen Feld- und Wiesenaufforstungen nur um die Feldmaus handeln kann; eine Unterscheidung von Erd- und Rötelmaus zu Bekämpfungszwecken ist nicht erforderlich, da beide Arten gleichartige Schäden verursachen (BÄUMLER 1989; HANSSON u. LARSSON 1978; LARSSON 1973 u. 75) - wenn man einmal davon absieht, daß die Rötelmaus in der Regel die Rinde auch in Bereichen weit oberhalb der Schneelagengrenze benagt, da sie ausgezeichnet klettern kann (s.a. HANSSON u. ZEIJDA 1977). Die Erdmaus ist zum Klettern imstande, sofern das Stämmchen dicht genug beastet ist oder Grasschwaden etc. eine Kletterhilfe bieten (GONSCHORREK 1989). Betrachtet man die verursachten Schäden am Bestand, so können beide Arten gefährlich sein, wie auch im Rahmen dieser Untersuchungen Beobachtungen auf Flächen, auf denen nur Rötelmäuse nachweisbar waren (Versuchsflächen Nr. 80 in Stadtoldendorf und Nrn. 40-42 in Medingen), gezeigt haben.

### ***Schadensquantifizierung an Steckhölzern für Prüfungszwecke***

Zur Quantifizierung des Schadausmaßes für Prüfungszwecke, z.B. für Versuche mit Repellentien, reicht es allerdings nicht aus, den Prozentanteil benagter Steckhölzer zu bestimmen, hier muß auch das Ausmaß des Einzelschadens einfließen.

Die Grundabmessungen (v.a. des Umfanges) der Steckhölzer könnte man zwar mit einigem Aufwand standardisieren, die Form der Fraßplätze an der Rinde jedoch läßt sich naturgemäß nicht beeinflussen, eine exakte Nageflächenbestimmung ist für die meisten - praxisorientierten - Untersuchungen auch viel zu aufwendig.

Um diese Erschwernisse zu eliminieren und dennoch meß- und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, kann auf die folgende Art vorgegangen werden:

- Die Steckreiser dürfen im Prinzip eine weite Streuung im Durchmesser aufweisen. Sie sollten, damit sie nicht sofort durchgenagt werden, nur nicht zu dünn sein (Minimum: ~ 1 cm).
- Gemessen werden die maximalen Ausdehnungen der Nageschäden in Höhe und Breite
- Der Breitewert fließt nicht als absoluter Wert (in mm oder cm), sondern (als aussagekräftigerer Weiser für die Gefährdung der Forstpflanze, welche das Steckholz repräsentiert) als Prozentwert des Steckholzumfanges in die Berechnung ein (Umfangprozent).
- Mehrere Schäden an einem Steckholz werden dergestalt zusammengefaßt, daß in der gleichen vertikalen Achse übereinander angeordnete Schäden in der Schadhöhe, (*Abb.1.2, Beispiel Nr.2*) horizontal nebeneinander liegende Schäden dagegen im Umfangprozent (*Abb.:1.2, Beispiel Nr.3*) aufsummiert werden. Sind die Läsionen seitlich versetzt übereinander angeordnet, wird die maximale Gesamtausdehnung in Höhe und Umfangprozent ermittelt, wobei Überschneidungen durch Ablotung herausgemessen werden (*Abb. 1.2, Beispiel Nr. 2*).
- Aus der Schadhöhe (in cm) und dem Umfangprozent wird durch Multiplikation ein relativer Schadenswert, für das einzelne Steckholz und durch Durchschnittsbildung der Einzelwerte für das gesamte Kollektiv berechnet.
- Dieser Schadenswert gibt, wenn die Grundbedingungen (Steckholzdimensionen, -frische, -verteilung auf der Fläche und -attraktivität im Verhältnis zum natürlichen Nahrungsangebot) vergleichbar sind, auch bei Wiederholungen in zeitlicher Abfolge ein direkt vergleichbares relatives Bild der Kurzschwanzmauspopulation wieder.

Das im folgenden vorgestellte Berechnungsverfahren für Prüfungszwecke ist nicht für den Praktiker gedacht, der die aktuelle Gefährdung einer Kultur durch Mäuse feststellen möchte, sondern für den Wissenschaftler oder Prüflingenieur, der die Wirksamkeit z.B. eines Repellents oder einer

Rodentizidbehandlung überprüfen muß. Als solches ist es in die entsprechende Prüfungsrichtlinie der Biologischen Bundesanstalt Nr. 18-31 eingeflossen (NIEMEYER, KRÜGER et al. 1995). Anders als jedes Fangverfahren erlaubt es unabhängig von Witterungsfaktoren Aussagen über den Nagedruck von Kurzschwanzmäusen.

Die Berechnung der Schadenswerte je Steckholz wird in den Erläuterungen zu Abb. 1.2, dem jeweiligen Fall zugeordnet, erklärt.

Die Formel für die Schadenswertberechnung sieht folgendermaßen aus:

$$SW_p = \frac{SW_1 + SW_2 + \dots + SW_n}{N} \quad \text{oder} \quad \frac{(\sum_{i=1}^n SW_i)}{N}$$

wobei  $SW_{1-n}$  die Schadenswerte der einzelnen Steckhölzer, ermittelt in der oben beschriebenen Weise,  $SW_p$  den Gesamtschadenswert der betreffenden Parzelle darstellen,  $n$  die Anzahl der geschädigten Hölzer bzw. Pflanzen und  $N$  die Anzahl aller Hölzer bzw. Pflanzen je Parzelle bzw. Behandlungstyp darstellen. Die Variable Schaden-Breite (mm)/Stammumfang (mm)•100 (Prozentanteil des Nageschadens vom Steckholzumfang) wird nicht als Prozentwert, sondern lediglich wie ein Faktor angesehen, d.h. der relative Schadenswert  $SW$  ist dimensionslos (s.S. 15). Ist die Verweildauer der Steckhölzer auf der Fläche nicht exakt gleich (wie bei den in dieser Arbeit verwendeten Versuchsprognosen), kann dennoch eine Vergleichbarkeit für die verschiedenen Flächen hergestellt werden, wenn die so erhaltenen Schadwerte mit der jeweiligen Anzahl der Standtage gewogen werden.

Will man diesen Schadenswert zur Erfolgskontrolle für eine Bekämpfungsmaßnahme heranziehen, so muß er sowohl direkt vor, als auch in angemessener Zeit nach derselben (abhängig von der Wirkungsweise des angewandten Rodentizids zwischen 1 und 3 Wochen) mit jeweils frisch geschnittenen Steckhölzern ermittelt werden, die für 1 - 2 Wochen auf der Fläche verbleiben. Soll die Wirkung einer Bekämpfungsmaßnahme mit der natürlichen Populationsentwicklung auf einer unbehandelten Referenzfläche



verglichen werden, so läßt sich die Schadens- und damit auch Populationsreduktion mit der Formel nach SCHWERDTFEGER<sup>11</sup> (1932, publ. in 1981) berechnen:

$$W\%_S = \frac{100 (1-U_1 \times B_2)}{B_1 \times U_2}$$

darin bedeuten:

**W%<sub>S</sub>** = Wirkungsprozent nach Schwerdtfeger

**SW** = Schadenswert

**UB** = Unbehandelt(-e Fläche),

**B** = Behandelt(-e Fläche)

**U<sub>1</sub>** = SW auf UB bei Vorkontrolle,

**U<sub>2</sub>** = SW auf UB bei Nachkontrolle

**B<sub>1</sub>** = SW auf B bei Vorkontrolle,

**B<sub>2</sub>** = SW auf B bei Nachkontrolle

Mit dieser Formel wird nur die bekämpfungsbedingte Veränderung von Quotienten aus **Behandelt** und **UnBehandelt** erfaßt, daher ist die einzige Bedingung für ihre Verwendung, daß die Ausgangsparameter<sup>12</sup> innerhalb jeder der beiden Kontrollen für B und UB dieselben sind.

Der so ermittelte relative Dichtewert läßt sich vorerst nicht in absolute Mäusedichten je Flächeneinheit umrechnen, da hierzu nicht nur die Versuchsparameter, sondern auch die Umweltbedingungen standardisiert werden müßten. Wohl aber kann bei Flächenkonstanz mit der genannten Methode die Entwicklung einer Mäusepopulation eingeschätzt werden.

Will man von diesen relativen Dichtewerten zu absoluten Größenordnungen kommen, ist es nötig, für definierte Referenzbiotope die auf die beschriebene Weise ermittelten Werte zu den Ergebnissen eines Totalausfanges in Beziehung zu setzen, der direkt im Anschluß an die Auswertung der Stechkölzer durchgeführt wird.

11) Zur Unterscheidung von den Dimensionsangaben bei der Schadensvermessung und Schadwertberechnung wurden hier - abweichend von SCHWERDTFEGERS Formulierung - Großbuchstaben gewählt.

12) Zustand der natürlichen Vegetation; Baumartenzusammensetzung, Durchmesser- verteilung und Frische der Stechkölzer; Verteilung auf der Fläche

### **3.1.3 Steckholzverfahren und Fallenfangverfahren im Vergleich**

Unter allen Faktoren, die die aufgrund von Fangergebnissen berechneten Indizes beeinflussen, ist auch die Berechnungsmethode selbst von maßgeblicher Bedeutung.

Die z.T. extrem voneinander abweichenden Wühlmausindizes, die sich auf der Basis desselben Zahlenmaterials berechnen lassen, je nachdem, ob man bei der Berechnung Fehlfänge und Fehlfunktionen berücksichtigt oder nicht, zeigen die Notwendigkeit genauer Fangprotokolle und genormter Berechnungsmodi auf.

Alle bisher gewonnenen, teilweise langjährigen Fangdaten liessen keine echten, vor allen Dingen keine überregionalen Vergleiche zu, da diese „Standardanweisungen“ fehlten oder sehr unterschiedlich ausfielen bzw. gehandhabt wurden. Völlig unabhängig hiervon sind die Fragen des Fangzeitraums, des Fanglinien- oder Fallennetzdesigns, der Anzahl der Fangnächte, des Köders und des verwendeten Fallentyps, mit denen sich zahlreiche Autoren beschäftigen (u.a.: DICE 1931; ECKARDT 1990; GENTRY et al. 1971; GURNELL 1980; HALLE 1994; HAMAR u. TUTA 1969; HANSKI et al. 1994; HANSSON 1969, 1972, 1973, 1977; HANSSON u. HOFFMEYER 1973; HEIN 1997; JANION u. WIERZBOWSKA 1969; KALIHOWSKA 1971; MYLLYMÄKI 1969, 75; MYLLYMÄKI et al. 1971a&b; NIEMEYER et al. 1995; NIEMEYER u. WATZEK 1992; OLSEN 1975; PELIKAN 1969; PELIKAN et al. 1971; PUCEK 1971; REICHSTEIN 1958; SCHINDLER 1959a&b, 1962, 1970; SCHMIDT 1994; SETTELE et al. 1998; SMIRNOV 1969; SMITH 1968; SMITH et al. 1969, 1975; SONE 1993; STEIN u. REICHSTEIN 1957; STEINWARZ 1997; STENSETH et al. 1974; STODDART 1982; TANTON 1965; THIEL 1998; TURCEK 1957; WILLIAMS u. BRAUN 1983; XIA u. BOONSTRAA 1992; ZONOV u. MASHKOVSKY 1974).

Da ausserdem etliche weitere Faktoren<sup>13</sup>, die das Fangergebnis maßgeblich beeinflussen können, sich nicht standardisieren lassen, werden Fangdaten auch unter optimalen Bedingungen nie mehr leisten können, als eine relative Aussage über lokale und regionale Entwicklungstrends für Gebiete, in denen nach Möglichkeit dieselbe Person sie durchgeführt hat und durchführt.

---

13 ) Z.B. das Wetter, der Eigengeruch der durchführenden Personen (Gummihandschuhe scheinen repellent zu wirken), Kenntnisse und Übung des Fallenstellers, die Behandlung der Trauben, aus denen die Rosinen produziert wurden, deren Stoffgehalte, Lagerungsdauer und -umgebung u.a.m.

Deutlich überlegen ist jedes Fangverfahren dem indirekten Nachweis über Köder, wie es auch das Steckholzverfahren darstellt, bei der Feststellung der Artenzusammensetzung auf einer gegebenen Fläche.

Das Steckholzverfahren ist dann besonders brauchbar, wenn für den Prognosezweck „Bekämpfungsentscheidung“ oder „Erfolgskontrolle“ eine genaue Bestimmung der Artenzusammensetzung nicht vonnöten ist:

- Es funktioniert selektiv nur für „gefährliche“ Arten
- Es hat keinen Einfluß auf die Mäusepopulation selbst
- Im Gegensatz zu jedweder Fallenmethode sind Funktionsstörungen praktisch ausgeschlossen
- Die Steckholzmethode ist schon bei einmaliger Anwendung ökonomischer als jedes Fangverfahren
- Einmal installiert, kann sie noch während der gesamten Rindenfraßperiode (Herbst bis Frühjahr) zur Überwachung der Fläche weitergenutzt werden (indem benagte Hölzer jeweils durch frische ersetzt werden, macht sie Einwanderungen sehr rasch erkennbar).

### 3.2 *Mäusenageschäden*

Mäusenageschäden treten in ökonomisch spürbarer Größe in regelmäßigen zeitlichen Abständen auf. Betroffen sind vor allem Kulturflächen, bei denen ein Bestockungswechsel vollzogen werden soll, wie Erstaufforstungsflächen, Kahlschläge und Windwürfe, also Flächen, die über längere Zeit vollen Lichtgenuß erhalten und eine dichte Bodenvegetation ausbilden können (FISCHER 1998, 1999, MÜLLER- KROEHLING 2000, SCHINDLER 1953, 1960) .

Die Bodenvegetation bietet den Kleinsäugetieren während der Vegetationszeit sowohl Deckung als auch Nahrung, sodaß sie hohe Populationsdichten aufbauen können. SCHERZINGER (1995) kommt auf 5 kg Mausbiomasse pro Hektar, was bereits dem Vielfachen einer potentiellen Rotwildpopulation entspräche. Nach den bei NIETHAMMER und KRAPP (1982) genannten

Populationsdichten, mit Durchschnittsgewichten hochgerechnet, können Rötelmäuse 1,8 kg/ha, Erdmäuse >10 kg/ha und Feldmäuse maximal sogar >80 kg/ha erreichen. Im Extremfall wird von diesen eine Kultur - und damit Investition - völlig vernichtet (NIEMEYER et al. 1997) oder auf lange Zeit eine den Betriebszielen entsprechende Entwicklung verhindert (OTT u. WINTER 2000).

Anders als bei Schadereignissen wie Sturm, Feuer oder Insektenkalamitäten wird das Schadgeschehen zunächst gar nicht bemerkt, da es im Verborgenen, noch dazu in der Vegetationsruhe abläuft. Es kann nur durch regelmäßiges Ablaufen der Laubholzkulturen und Kontrolle der Wurzelhäuse von Jungpflanzen auf frische Nageschäden erkannt werden. Ohne genaue Ortskenntnis hat man also kaum Chancen, mit vertretbarem Aufwand betroffene Flächen zu finden.

Umfragen in der Praxis erbringen in der Regel nur unbefriedigende Rückläufe. Im vorliegenden Fall konnten dennoch auf diesem Wege geeignete Versuchsflächen gefunden und installiert werden, auf denen die Entwicklung der Kultur nach einer starken Schädigung durch Kurzschwanzmäuse verfolgt werden konnte.

Es wurde davon abgesehen, als Ersatz für Mäusenageschäden Schnittverletzungen mit dem Messer zu setzen wie bei SCHNEIDER (2000). Eine von einem Tier verursachte Verletzung ist mit einer Werkzeugverletzung nicht zu vergleichen. DYER et al. (1986, 1993, 1995) fanden, daß Enzyme im Speichel, Kropf und Mitteldarm von Grashüpfern wie Wachstumsstoffe auf befreßene Pflanzen wirkten und deren Biomasseproduktion gegenüber unbefressenen Pflanzen erheblich steigerten. AGRAWAL (2000) spricht von einem Mutualismus in der Beziehung Pflanze / Herbivor, da die Fitneß der Pflanze durch das Befressen nicht grundsätzlich leidet, sondern unter Umständen durch induzierte Überkompensation gefördert wird. PAIGE (1999) beschreibt diese Überkompensation auch für Säugetierfraß durch Ungulaten. FELTON und EICHENSEER (1999) schreiben die Induktion pflanzlicher Abwehrreaktionen direkt dem Speichel der Herbivoren zu, die wuchsfördernden Eigenschaften werden auf den Epidermal Growth Factor (EGF: ein kleines Peptid-Hormon) zurückgeführt, der in den Speicheldrüsen von Säugetieren vorkommt. Der EGF stimuliert als interzellulärer Nachrichtentransmitter die Zellteilung bei Tier und Pflanze (PETERS 1997). Die natürliche Entstehung des Nageschadens durch Mäuse erschien daher unabdingbar für die Beobachtung der natürlichen Heilungsdynamik.

Es zeigte sich, daß die Baumarten sehr unterschiedliche Heilungsstrategien verfolgen: während die einen auch kleinste Bastreste aktivieren können, eventuell sogar ähnlich Tieren Abwehr- und Heilzellen an den Ort der Schädigung schicken, erleiden andere sofort Trockenschäden am Splint und können nur von den Rändern her überwallen. Dementsprechend sehen die Überlebenschancen für eine Pflanze mit einem Schaden gleichen Ausmaßes sehr unterschiedlich aus, je nachdem, zu welcher Baumart diese gehört.

Die Beobachtung, daß der Sproß geringelter Bäume nicht sofort oberhalb der Ringelung abstirbt, viele Baumarten aber in der Lage sind, unterhalb der Ringelung Adventivsprosse zu bilden (FISCHER 1999), legt die Überlegung nahe, in einer Kultur, in der ein Großteil der Pflanzen geringelt wurde, diese sofort auf den Stock zu setzen, um so die in der Wurzel gespeicherte Kraft in vollem Umfang für einen Stockausschlag zu nutzen<sup>14</sup>.

### *3.3 Verteilung der Nageschäden im Gelände*

Daß Mäuseschäden oft randscharf mit dem Vorhandensein eines Grasbewuchses in Kulturen und Verjüngungen auftreten, ist allgemein bekannt (s.u.). Ob aber bei sonst gleichen Bedingungen, auch hinsichtlich des Bodenbewuchses, diese ebenfalls geklumpt auftreten oder gleichmäßig über die Fläche verteilt sind, bedarf noch der Klärung. Nur in einem Fall (Versuchsfläche 65, Speierling-Erstaufforstung nach Acker, Abb. 2.17) konnte, da diese wegen des verheerenden Ausmaßes der Mäusenageschäden voll aufgenommen wurde, ein genaues Verteilungsmuster erstellt werden. Wenn auch die ganze Fläche betroffen war, so zeigte sich doch eine deutliche Klumpung der Schäden zum Feldrand hin. Es ist daher anzunehmen, daß an dem Schadgeschehen nicht nur die durch Fang eindeutig nachgewiesenen Erdmäuse beteiligt waren, sondern auch Feldmäuse, die nach der Ernte aus der benachbarten Ackerfläche eingewandert sein dürften. Die restliche Fläche, auch die weniger geschädigten Bereiche wiesen keinerlei augenfällige Unterschiede der Bodenverhältnisse oder der Begleitflora auf, die unterschiedlich hohe Populationsdichten bei der Erdmaus erklärt hätten.

---

14) Eigene Vorversuche zu dieser Frage ergaben kein einheitliches Bild, konnten aber aus Kapazitätsgründen nicht ausgeweitet werden.

Auch die reihenweisen Stichprobenaufnahmen in der Wildapfel­fläche (Versuchsfl. 64, Abb. 2.17) und in der Erstaufforstungsfläche Nr. 27 (Husum Abt. 73, Buche, Abb. A.3.1) deuten auf Klumpungen hin, wobei in der Buchenfläche besonders auffällt, daß die zweite Reihe, in unmittelbarer Nachbarschaft zum Altbestand, nicht einen einzigen Mäuseschaden aufwies. An der Bodenvegetation war gegenüber den anderen aufgenommenen Reihen kein Unterschied augenfällig, allerdings dürfte der südlich vorgelagerte Bestand den größten Teil der direkten Sonnenstrahlung in diesem Randbereich abgeschirmt und so ein deutlich rauheres Mikroklima begründet haben.

### ***3.3.1 Nageschäden in Beziehung zu den Lichtverhältnissen***

Die Zusammenhänge zwischen Freifläche, Vergrasung und hohen Mäuseabundanzen wurden unter anderen bereits durch FRANK (1952, 1957) und SCHINDLER (1953, 1967) aufgezeigt. Für die Erdmaus ist daher in der Praxis die einfache Faustregel „Gras = Maus“ aufgestellt worden.

Da aber nicht nur Gras, sondern auch dikotyle Bodenvegetation eine gute Nahrungsgrundlage für Microtinen bilden und Mäuseschäden auch unter Schirm auftreten, sollten Voraussetzungen für das Auftreten von Mäusenageschäden überprüft werden. HARTLEY et al. (1995) fanden, daß unter schattigen Verhältnissen aufgewachsene, aber gedüngte Sitkafichten für Erdmause attraktiver waren als solche aller anderen Kombinationen aus Licht und Nährstoffversorgung. Es bestand also ein Zusammenhang zwischen Lichtgenuß und Attraktivität. Er ist allerdings nicht von sehr großer Bedeutung für die Praxis, da Sitkafichte nicht die mäusegefährdetste Art ist und dort, wo sie im Schatten wächst, aufgrund fehlenden Bodenbewuchses keine Kurzschwanzmäuse vorkommen.

Da jeder Bodenbewuchs vom Maß des Lichtgenusses abhängt, wurde als Ersatz für aufwendige Vegetationsaufnahmen und Deckungsgradbestimmungen der Faktor Licht direkt gemessen. BIEDERBICK (1992) schlägt ein Verfahren zur Kartierung der direkten Sonnenstrahlung vor, das waldbaulich interessante Aspekte aufweist, sich für die Einschätzung der Gefährdung durch Mäuse aber nicht eignet, da die direkte Sonnenstrahlung nur einen Teil der Beleuchtung ausmacht und vor allem expositionsabhängig ist. Für das Aufkommen und Überleben einer Bodenvegetation ist entscheidend, wieviel

Licht während der Vegetationszeit überhaupt den Boden erreicht. IMBECK u. OTT (1987), MOSANDL (1984) und LÜSCHER (1990) befanden, daß mit der Strahlung das Wachstum der Verjüngung hinreichend erklärbar ist. In die gleiche Richtung weisen die Befunde von GREIS et al. (1981), die in Finnland die Auswirkungen des DIFFSF auf das Wachstum von Fichten-Naturverjüngung untersucht haben und unter anderem feststellten, daß keine Fichtenverjüngung unterhalb eines DIFFSF von 40% existierte. Sie stellten fest, daß hemisphärische Fotografien und die zugehörige Bestandesdichte befriedigende Schätzwerte für den Grad des Kronenschlusses ergeben. DOHRENBUSCH (1987) kommt zu dem Ergebnis, daß eine einmalige Messung bei bewölktem Himmel zur Charakterisierung der Lichtverhältnisse ausreicht, da der relative Anteil des im Bestand ankommenden Lichtes unabhängig von der absoluten Stärke des Außenlichts zu diesem in einem konstanten Verhältnis steht. Die verschiedenen Verfahren zur Feststellung der Strahlungsintensität wägt v. LÜPKE (1982) gegeneinander ab und favorisiert als besonders leicht und effizient einsetzbar die Verwendung der Fisheye-Methode, betont aber gleichzeitig, daß diese noch weiter verfeinert werden sollte. Diese methodischen Verbesserungen leistet WAGNER (1994) mit der Aufnahme auf Ortho-Film bei gleichmäßiger Bewölkung und computergesteuerter Auswertung, wobei er filmbedingte Empfindlichkeitsschwankungen dadurch ausgleicht, daß jeder Film mittels einer genormten Grautreppe geeicht wird. Dieses Verfahren ist einfach und unbestechlich, da frei von jedem menschlichen Schätzfehler und war für die vorliegende Fragestellung ideal.

Es stellte sich die Frage, in welchem Muster die Beleuchtungsstärke und die Nageschäden aufgenommen werden sollten, um einerseits die lokalen Verhältnisse hinreichend genau zu charakterisieren und andererseits den Aufwand so gering wie möglich zu halten, sodaß möglichst viele Bestände erfaßt werden konnten.

Bewußt wurden zwei vom Stichprobenansatz her unterschiedliche Aufnahmeverfahren eingesetzt: ein Plotverfahren, das mit einem festen Raster von 30 x 30 m arbeitet und ein Linientaxationsverfahren, bei dem die Taxationslinien willkürlich so gelegt wurden, daß sie nach okularer Einschätzung möglichst viele verschiedene Beleuchtungssituationen durchschnitten.

## **Plotverfahren**

Das Raster 30 x 30 m bot sich an, da dies ungefähr dem durchschnittlichen Streifareal einer weiblichen Erdmaus entspricht.<sup>15</sup>

**Tab. 3.2:** Übersicht über die Reviergrößen von Erdmäusen und daraus resultierender Radien.

Datenquelle: Erlinge et al. 1990

Fläche (m <sup>2</sup> )	Reproduktionszeit		Reproduktionsruhe	
	von	bis	von	bis
Männchen	1400	2300	600	1050
Weibchen	480	830	770	1320
daraus resultierender Radius in m:				
Männchen	21	27	13,8	18,3

Die Stichprobe von 20 Forstpflanzen je Aufnahmepunkt repräsentiert ca. 3,7% der Fläche. Damit ist der Aufnahmeumfang ausreichend groß, um die tatsächlichen Bestandesverhältnisse widerzuspiegeln und hält sich dennoch in vertretbarem Rahmen.

Das Aufnahmeverfahren an der Einzelpflanze, bei dem Schadgrade als Ausdruck für den Grad der Ringelung anstelle absoluter Millimeterangaben aufgenommen werden, läßt direkte Schlüsse auf das pflanzenrelevante Ausmaß der Schädigung zu. Eine fünfstufige<sup>16</sup> Skala für die Schäden ist dabei hinreichend genau und gut praktikabel. Daß diese den Schaden in 25% Stufen (vom Umfang) einschätzt, macht die Ansprache sehr einfach, Stufe 5 ( $\geq 100\%$  vom Umfang geringelt) wird dabei gesondert angesprochen, da selbst kleinste Bastbrücken (wie sie z.B. hinter einem angelehnten Halm stehen bleiben können) zur Einstufung in Stufe 4 führen müssen, da sie die Überlebenschancen für den Baum gegenüber der vollständigen Ringelung spürbar verbessern. Das Plotverfahren kam auf 20 Versuchsflächen zum Einsatz, die eine große Bandbreite an Überschildungssituationen repräsentieren. Bei der Umfrage zur Flächenauswahl wurde nur nach Buchenkulturen, -naturverjüngungen, -vor- und -unterbauten ungeachtet bereits aufgetretener Mäuseschäden gefragt.

15) ERLINGE et al (1990) machen auf m<sup>2</sup> genaue Angaben. Diese wurden für die Übersichtstabelle gerundet und wie Kreisflächen behandelt, auch wenn ihre Form in der Wirklichkeit vom Kreis stark abweicht.

16) Bei Folgeaufnahmen durch Hinzukommen von 6 = „abgestorben“ 6-stufig; Schadstufe 0, = „kein Schaden“ zählt nicht als Schadgrad



### *Linientaxation*

Bei diesem auf zwei Flächen eingesetzten Verfahren wurde bewußt auf statistisch absicherbare Flächenrepräsentativität verzichtet und eine okulare Geländeeinschätzung des Versuchsanstellers der Linienführung zugrundegelegt, um mit noch geringerem Aufwand als bei der Plotaufnahme Zusammenhänge zwischen Beleuchtungsgrad und Mäusenageschäden herauszuarbeiten.

Die Richtungswinkel der geraden Taxationslinien wurden so gewählt, daß die Vielfalt der von ihnen durchschnittenen Biotope maximiert wurde. Dabei wurde angestrebt, Fehleinschätzungen durch ein festes Aufnahmeschema gering zu halten.

### *Ergebnisse*

Sowohl die Ergebnisse der Aufnahmen im Plotverfahren als auch diejenigen der sternförmigen Linientaxation förderten eindeutige Zusammenhänge zwischen Überschirmungs- und damit Strahlungsverhältnissen und Häufigkeiten von Mäusenageschäden zutage. Unterhalb eines Strahlungsgenusses von ca. 60% hielten sich die Schäden in erträglichen Grenzen. Zwar traten auch unter Lichtnadelhölzern und unter einem lichten bis lückigen Fichtenschirm im zweiten Jahr Verluste auf, die Ausfälle unter Schirm erreichten jedoch dort, wo die Mäusepopulationen flächenbürtig waren (Nationalpark Harz, Medingen) nur in einem Fall (Fläche Nr. 40: Medingen Abt. 543a1) unter Kiefer die 30% Marke, blieben sonst bei oder unter 20%.

Wo jedoch die Schäden von einer kurzfristig einwandernden Erdmauspopulation gesetzt wurden (Fläche Nr. 22: Leisenrode Abt. 66) spielten Schirm und Bodenvegetation keine Rolle mehr: die Ausfälle betrafen fast 40% aller gepflanzten Buchen. In diesem Fall hatten die Mäuse nicht nur die etwa brusthohen Pflanzen in Bodennähe geschält, sondern einen Großteil davon vollständig abgenagt und anschließend die Wurzeln bis tief in das Erdreich hinein ebenfalls aufgefressen. So blieb nicht einmal die Möglichkeit der Bildung von Adventivtrieben. Diese Art des Wurzelfraßes ist aus der Literatur nicht bekannt; BÄUMLER (1989) beschreibt für Erd- und Rötelmaus

einen Wurzelfraß, der bei bestimmten Standortvoraussetzungen (Humusanreicherung, lockeres Substrat) ähnlich dem der Schermaus unterirdisch stattfindet, sodaß die Pflanzen anschließend schief stehen. In einer nicht zu weiteren Untersuchungen herangezogenen kleinen Lückenaufforstung in Stadtoldendorf (Buche nach Fichte) konnte diese Form des Schadens an ca. 20 Pflanzen ebenfalls beobachtet werden.

Erwähnenswert erscheint, daß in Medingen nur Rötelmäuse gefangen worden sind. Die Einschätzung GONSCHORREK'S (1989), daß die Rötelmaus weniger gefährlich sei als die Erdmaus, wird zwar grundsätzlich geteilt, schon allein aus dem Grund, daß sie mit 10-100, durchschnittlich bei Massenvermehrungen höchstens 60 Tieren/ha (VIRO u. NIETHAMMER 1982) wesentlich niedrigere Maximaldichten erreicht als die Erdmaus (100 - 300 Tiere/ha, KRAPP u. NIETHAMMER 1982) und in der Regel einen wesentlich größeren Rindenbereich der Forstpflanzen erreichen kann, der Schaden sich somit mehr verteilt. Hinzu kommt, daß die Rötelmaus ein sehr viel breiteres Nahrungsspektrum hat als die Erdmaus. Sie lebt nicht rein herbivor, zu ihrem Nahrungsspektrum gehören neben Samen in beträchtlichem Umfang auch Tiere, vor allem Arthropoden (HOLIŠOVA u. OBRTTEL 1978). Im Einzelfall gilt jedoch auch bei den Mäusen das „eiserne Gesetz des Örtlichen“, auch von der Rötelmaus gesetzte Schäden können empfindliche Ausmaße erreichen.

Fast völlig zu vernachlässigen waren die Schäden an Buche unter Buche, nicht jedoch diejenigen an anderen (selteneren Misch-)Baumarten, die unter einem Buchenschirm vorkommen, gleichgültig ob sie natürlich oder künstlich eingebracht waren (vgl. Fl. Nrn. 77-79, Altgandersheim Abt. 14). Auch unter einem nicht zu stark aufgelockerten Fichtenschirm scheinen nach den vorliegenden Untersuchungen keine Mäuseschäden größeren Ausmaßes zu erwarten zu sein.

Auf Freiflächen waren dagegen keine Zusammenhänge zwischen Nageschäden und ankommendem Strahlungsanteil am Meßpunkt festzustellen. Die Schäden waren ziemlich gleichmäßig überall anzutreffen. Der durchschnittlich in Linientaxationen ermittelte Schadgrad weist eindrücklich auf die Wirkung einer fehlenden Überschildung hin. Er erreichte bei den Pflanzen, deren Standplatz mehr als 20% Überschildung aufwies, maximal einen Durchschnitt von 1,5 und lag bei 81-90% nicht überschildertem Flächenanteil im Durchschnitt bei 5, das heißt, dort waren alle Pflanzen mindestens geringelt.

### *Waldbauliche Folgerungen*

Alle Meßergebnisse weisen in eine Richtung: Steuerung der Strahlungsverhältnisse.

FISCHER (1998) wies signifikant geringere Ausfallprozentage für Eiche und Buche unter einem Erlenvorwald gegenüber der Freifläche nach. Zwar waren in seinen Untersuchungen die höheren Ausfälle auf der Freifläche auf Trockenis zurückzuführen, aber dessen ungeachtet ist der Einsatz eines Vorwaldes für die Reduktion der Mäuseschäden von großem Vorteil. Damit finden sich die Ansätze zur langfristigen waldbaulichen Entwicklung, wie sie zum Beispiel im niedersächsischen LÖWE-Programm (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 1992) und in den Waldbauprogrammen anderer Bundesländer festgeschrieben sind, auch unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung von Mäusenageschäden bekräftigt.

### **3.3.2 Pflanzeninhaltsstoffe und Nageschäden**

#### **3.3.2.1 Auswahl des Versuchsmaterials**

##### ***Versuchspflanzen***

Junge Buchen wurden als Versuchspflanzen gewählt, da diese von Forstkulturen unter Praxisbedingungen zu den bevorzugten Winterfraßpflanzen der Wühlmause zählen. Daß im Einzelergebnis der vorliegenden Untersuchungen im Freiland Kulturen und Verjüngungen unter Schirm in aller Regel geringere Schädigungen durch Wühlmäuse erleiden als solche auf der Freifläche, wird durch Kapitel 2.3.2.1 der vorliegenden Untersuchungen bestätigt. Es stellte sich die Frage, ob diese Unterschiede ihre Ursache in der Physiologie der Pflanzen selbst haben können. Es sollte geklärt werden, ob es durch den Standortfaktor Lichtgenuß bedingte Unterschiede in der Zusammensetzung ernährungsphysiologisch wichtiger Inhaltsstoffe der Jungbuchen gibt, die eine unterschiedliche Attraktivität zur Folge haben könnten und ob es im Inhaltsstoffgehalt der verschiedenen Pflanzenabschnitte Auffälligkeiten gibt.

Alle hierfür untersuchten Pflanzen wurden auf zwei direkt aneinandergrenzenden Flächen gewonnen, die sich nur in der Beschirmungssituation unterschieden. Die Pflanzen selbst entstammten derselben Verjüngung, nach deren Sicherung der Altbestand auf der einen Fläche bis auf wenige Überhälter abgeräumt, auf der anderen dagegen nur durchforstet beziehungsweise in geringem Umfang teilendgenutzt worden war, sodaß ein nahezu geschlossener Schirm erhalten blieb.

Da es nicht möglich ist, den von der Maus im Wahlversuch benagten Teil einer Pflanze für die chemische Analyse der Rindeninhaltsstoffe zu beproben, da durch das Benagen selbst inhaltsstoffverändernde biologisch-chemische Prozesse in der Rinde in Gang gesetzt werden, wurden den für den Wahlversuch vorgesehene Pflanzen direkt nach ihrer Entnahme noch im Bestand die Stammstücke des zweiten 20 Zentimeter-Abschnitts über dem Boden entnommen und vor Ort schockgefroren.

Als Kontrolle, ob die Inhaltsstoffgehalte der Rinde dieser Proben überhaupt Schlüsse auf die Inhaltsstoffgehalte der darunterliegenden, in den Wahlversuchen eingesetzten 0-20 cm-Abschnitte zulassen und um die Varianz

der Inhaltsstoffprofile in der Rinde der verschiedenen Pflanzenteile zu erfassen, wurden parallel zu den Wahlversuchspflanzen in gleicher Weise aufgearbeitete Vergleichspflanzen gewonnen, von denen Proben aller Pflanzenabschnitte gezogen wurden (s. Abb. 1.20).

### *Versuchstiere*

Die Untersuchungen zur Frage nach möglichen Zusammenhängen zwischen der Attraktivität bestimmter Pflanzen oder Pflanzenteile für Wühlmäuse und deren ernährungsphysiologisch bedeutende Inhaltsstoffe wurden beispielhaft unter Verwendung von Rötelmäusen an jungen Buchen durchgeführt. Es kamen Rötelmäuse in zwei stabilen sozialen Gruppen, gebildet aus Mitgliedern ein und desselben Familienverbandes in einer kontrollierten Gehegesituation zum Einsatz. Entgegen den Behauptungen von PALISSA (1991) leben die Rötelmäuse miteinander und nicht nebeneinander her. Dies kann aber nur festgestellt werden, wenn mit intakten Sozialverbänden gearbeitet wird und nicht mit zusammengewürfelten Versuchsgruppen. Durch den Einsatz sozial intakter Versuchstiergruppen (GIPPS 1985, KAPUSTA et al. 1998, MAPPES et al. 1995, MCGUIRE et al. 1990, 1998, OWADOWSKA 1999, ROSE u. BIRNEY 1985, YLÖNEN et al. 1988, YLÖNEN 1989, YLÖNEN et al. 1989,) wurde sichergestellt, daß der Einfluß äußerer Faktoren für alle Versuchstiere gleich und damit für die Fragestellung vernachlässigbar war.

Die Verwendung von in erster Generation in Gefangenschaft unter Freiluftgehegebedingungen gezüchteten Tieren läßt das Auftreten von gefangenschaftsspezifischen Verhaltensanomalien, wie sie bei Käfigtieren zu erwarten wären (MOHR 1929, COOPER et al. 1996), weitgehend ausschließen. Die Verwendung stabiler Versuchsgruppen aus einem Sozialverband stellte sicher, daß die Tests des Wahlversuchs nicht durch Rang- und Revierauseinandersetzungen verfälscht wurden.

#### *3.3.2.2 Durchführung der Wahlversuche*

Die Wahlversuche wurden, abweichend von der Versuchsanstellung der meisten Autoren (u.a. BERGERON et al. 1998, DANELL et al. 1987, SWOBODA 1978), nicht als sogenannte Cafeteria-Versuche mit Käfigtieren durchgeführt,

sondern in Freiluftgehegen mit ausreichend Platz für die Entfaltung des natürlichen Verhaltens.

Die Testpflanzen wurden nicht in Form von abgetrennten Zweigen oder Stammstücken vorgelegt wie bei SINCLAIR u. SMITH (1984) und HANSSON (1991, 1994), da keineswegs alle Teile eines Baumes gleich attraktiv sind, wie DANELL et al. (1987) an Weide festgestellt haben und abgetrennte Pflanzenteile raschen Veränderungen ihrer Inhaltsstoffe unterliegen (ROY u. BERGERON 1990a)

Zur Vermeidung solcher Veränderungen, die keinen Bezug zu der Situation in der Natur mehr gehabt hätten, wurden die gestummelten Pflanzen (s. Kap. 1.7.2) in der Vegetationsruhe geworben und ohne Verzögerung in die Versuchsgehege gepflanzt. Die Pflanzung erfolgte im Schachbrettmuster, sodaß die Position (z.B. in Deckungsnähe oder nahe der Durchschlüpfe zum Wohnteil des Geheges) höchstens einzelne Pflanzen, unabhängig von deren Herkunft, attraktiver machen konnte. Die Vertrautheit der Tiere mit ihrer Umgebung und der menschlichen Anwesenheit und Tätigkeit in und um die Gehege verhinderte Störungen des Versuchsaufbaus durch Feindvermeidungsverhalten. Dieses hätte dazu geführt, daß die Tiere sich weitgehend auf den schnellen nächtlichen Erwerb hochkalorischer Nahrung (Pellets) beschränkt hätten (s.a. BERGERON u. JODOIN 1987, SINCLAIR u. SMITH 1984). Die Annahme der Testpflanzen wurde nicht durch Nahrungs- oder Wasserentzug erzwungen - dann wären zwar stärkere Annahmegrade zu erwarten gewesen, der Mangel hätte aber jegliche möglichen Attraktivitätsunterschiede überdeckt.

Der gewählte Versuchszeitraum im Winter (mit Frost während der gesamten Versuchsdauer) entspricht der Zeit des Rindennagens in der Natur und stellte sicher, daß attraktivitätsverändernde biologisch-chemische Abläufe in den Versuchspflanzen auf ein Minimum reduziert blieben.

Der Annahmeverlauf im ersten Ansatz schien eine Präferenz der Rötelmäuse für die Pflanzen aufzuzeigen, die von der Schirmfläche stammten. Allerdings wurden hierbei nur die angenagten Pflanzen kumulativ und nicht die gefressene Rindenmenge registriert. Etwas höhere Stärkegehalte, aber auch der höhere Chlorophyllgehalt in der Rinde der Schattenpflanzen könnte den zunächst häufigeren Testfraß erklären. Fast völlig ausgeglichen wurden die Unterschiede des ersten Ansatzes bei der Betrachtung der aufgenommenen Rindenmengen: in der ersten Wiederholung wurde im Durchschnitt 74% mehr Rinde von den Freiflächenpflanzen aufgenommen, in der zweiten

Wiederholung 15,6% weniger als von den Schirmflächenpflanzen. Das Benagen von Baumrinde tritt in der Natur vor allem in zwei Extremsituationen auf: im Hochsommer bei großer Wärme und Trockenheit - hier geht es vor allem um die Flüssigkeitsversorgung, diese Schäden sind meist vernachlässigbar - und im Herbst/Winter, wenn mono- und dikotyle Bodenpflanzen durch Welken und Absterben als Nahrungsquelle ausfallen bzw. an Nährwert verlieren (DROŽDŽ 1966, HOLIŠOVA 1966, 1972, 1975, HOLIŠOVA u. OBRTEL 1980, ZEMANEK 1972).

Jahreszeitlich/klimatische Änderungen spielen aber offenbar für das Rindenfraßgeschehen auch bei sonst gleichbleibenden Lebensbedingungen eine Rolle: So war in diesen Untersuchungen die Bevorzugung von Buchenrinde durch die Rötelmäuse gegenüber anderen Nahrungsbestandteilen im März bereits deutlich geringer als im Januar/Februar. Im zweiten Ansatz war nicht nur die Annahmegeschwindigkeit bei den Freiflächenpflanzen höher: bei insgesamt niedrigerem Niveau als im ersten Ansatz wurde diesmal in beiden Wiederholungen mehr Rinde von Freiflächenbuchen aufgenommen (60,7% und 70%) als solche von Schirmflächenbuchen.

### 3.3.2.3 *Inhaltsstoffanalysen*

Auf unterschiedliche Beleuchtungsverhältnisse reagieren die Waldbäume, insbesondere deren Verjüngung, in charakteristischer Weise.

RÖHRIG (1982), OVINGTON u. McRAE (1960) und v. LÜPKE (1987) untersuchten das Wachstumsverhalten unter verschiedenen Lichtverhältnissen. MAGNUSSEN (1981), ZIEGENHAGEN (1989) sowie ZIEGENHAGEN u. KAUSCH (1993) bestimmten den Einfluß der Lichtverhältnisse auf die Kohlenhydratgehalte der Speicherorgane. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sollte geklärt werden, ob durch die Lichtverhältnisse bedingte Unterschiede in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der stofflichen Inhalte der Buchenrinde unterschiedliches Appetenzverhalten bei den Kurzschwanzmäusen auslöste.

Die zur Bestimmung der ernährungsphysiologisch bedeutsamen Rindeninhaltsstoffe in diesen Untersuchungen eingesetzten Methoden sind

Standardmethoden (KAKAC u. VEJDELEK 1974, KNECHT u. CHANG 1986, ZIEGLER u. EGLE 1965, BROADHURST u. JONES 1978, SWAIN u. HILLIS 1959).

Zucker und Stärke als Energielieferanten und Proteinamino­säuren als Baustoffe spielen für die Ernährung aller Tiere die entscheidende Rolle. Als einzige Zucker ließen sich in der Rinde der jungen Buchen regelmäßig die Monosaccharide Fructose und Glucose sowie der Doppelzucker Saccharose nachweisen. Monosaccharide sind die Primärprodukte der Photosynthese, sie finden sich in der Pflanze in freier Form. Für Herbivoren sind sie ohne Umwege verwertbar. Saccharose stellt die nächsthöhere Synthesestufe aus den beiden genannten Einfachzuckern dar und fand sich - in der Zeit der Untersuchungen in der Vegetationsruhe - in weit höheren Konzentrationen als die Monosaccharide. Stärke stellt den wichtigsten Reservestoff der Pflanzen dar und fand sich in den Wurzeln als Speicherorgane in höchster Konzentration. Ebenfalls in der Rinde der Jungbuchen wurde Stärke nachgewiesen.

Proteinamino­säuren wurden bestimmt, da deren Gehalt in der Nahrung vor allem im Zusammenhang mit dem Gehalt an phenolischen Verbindungen von grundlegender Bedeutung ist. Der Pflanze dienen sie in Enzymen, Träger-, Speicher- und kontraktilen Proteinen, als Stickstoffspeicher und Zwischenprodukte für andere organische Verbindungen, vor allem über den Shikimisäureweg (HEß 1972). Der Stickstoffgehalt pflanzlichen Gewebes ist häufig eng mit dem Aminosäuregehalt korreliert, sodaß in vielen Untersuchungen der Proteingehalt direkt aus dem ermittelten Stickstoffgehalt abgeleitet wird.

Der Gehalt der Buchenrinde an fünfzehn Proteinamino­säuren wurde in der vorliegenden Arbeit untersucht. Im oberen Stammbereich und in der Krone waren die Analyseergebnisse für die Buchen von Frei- und Schirmfläche nahezu deckungsgleich. Unterschiede gab es vor allem im unteren Stammbereich, also dem Teil der Pflanze, der von den Mäusen am stärksten benagt wird. Bei den Freiflächenpflanzen lagen die Gehalte an Asparaginsäure, Glutaminsäure, Serin, Threonin und Histidin deutlich über denen der Schirmflächenpflanzen. In der Wurzelrinde waren Asparaginsäure, Glutaminsäure und Histidin der Freiflächenpflanzen gegenüber den Schirmflächenbuchen etwas erhöht. Auf die gesamte Pflanze bezogen, waren in der Wurzelrinde die Proteinamino­säuregehalte am niedrigsten. Betrachtet



man den Gesamt-Proteinaminosäuregehalt, so lag dieser im Kronenbereich bei den Schirmflächenpflanzen höher als bei den Freiflächenpflanzen, in der Rinde des von den Mäusen am meisten angenommenen untersten Stammstücks aber bei den Freiflächenpflanzen höher als bei den Schirmflächenpflanzen. Im Kronenstück war dieser Unterschied zwar signifikant, aber offenbar ohne Bedeutung für Herbivore. In den übrigen Pflanzenteilen lagen die durchschnittlichen Gehalte an Gesamt-Proteinaminosäuren in der Rinde auf gleicher Höhe.

Der Chlorophyllgehalt der Rindenproben wurde bestimmt, da dieser in direktem Zusammenhang mit dem Lichtregime steht und auch für die Attraktivität von Pflanzenteilen für Pflanzenfresser von Bedeutung sein kann. Auffällig war, daß Chlorophyll B bei den Schirmflächenpflanzen in höheren Konzentrationen auftrat als bei den Freiflächenpflanzen. Betrachtet man die Absorptionsspektren der beiden Chlorophylltypen, so ergibt sich die folgende Deutungsmöglichkeit: während Chlorophyll A praktisch nur den blauen und den roten Anteil des Lichts absorbiert und den grünen Anteil fast vollständig reflektiert, hat das Absorptionsspektrum von Chlorophyll B zwar auch die Gipfel in den Wellenlängengebieten für Blau und Rot, ist aber von beiden Enden her in Richtung Grün verschoben - kann also auch einen Teil dieses Spektralbereichs für die Assimilation nutzen (RICHTER 1975). Dies dürfte im Schirmbereich eines Altbestandes sinnvoll sei, wo Licht an sich ein Mangelfaktor ist, am ehesten aber noch der grüne Anteil „unten“ ankommt. Auswirkungen dieses Unterschieds auf die Attraktivität für die Rötelmäuse waren nicht festzustellen.

*Microtinae*, als ähnlich den Wiederkäuern primär herbivore Tiere, verfügen über ein Verdauungssystem das mittels seiner Symbionten nicht nur diese für alle Tiere verwertbaren Nährstoffe aufzuschließen vermag, sondern auch schwerverdauliche, faserreiche pflanzliche Kost (BATZLI 1985, DROŽDŽ 1966, 1968, 1970, LEE u. HOUSTON 1994). Wie die *Lagomorpha* verbessern sie den Aufschluß der Pflanzennahrung durch eine spezielle Anpassung: die Zoekotrophie, das heißt die Aufnahme eines speziellen Blinddarmkotes<sup>17</sup>

---

17) Von einigen Autoren auch als Koprophagie, also Kotfressen bezeichnet. Es handelt sich aber nicht wirklich um Kot, sondern um eine geballte Ladung von Verdauungssymbionten, Eiweißen und Vitaminen (McBEE 1970, 1971), die nach der Aufbereitung im Blinddarm auf anal-oralem Wege dem Verdauungssystem wieder zugeführt wird. Da Nager und Hasenartige nicht über einen gekammerten Magen wie die Wiederkäuer verfügen, in dem

(HÖRNICKE u. BJÖRNHAG 1980, HOLÍŠOVA 1966, 1971). Das Vorhandensein anderer Inhaltsstoffe ist jedoch von großer Bedeutung für die Verwertbarkeit der oben genannten Grundnahrungsbestandteile im Organismus der Tiere. Neben Vitaminen mit ihren positiven Wirkungen für den tierischen Organismus spielen vor allem phenolische Verbindungen eine bedeutende Rolle als Abwehrstoffe und Verdauungsinhibitoren (LUNDERSTÄDT 1981a&b, DÜBELER et al. 1996, KUNICKI-GOLDFINGER u. KUNICKA-GOLDFINGER 1962, WALDMANN 1999).

In den vorliegenden Untersuchungen wurden daher die Gehalte an Proanthocyanidinen, Gesamtphenol, China- und Shikimisäure, Catechin und Epicatechin bestimmt. Diese phenolischen Verbindungen und Vorstufen wirken unter Umständen (abhängig von ihrer Konzentration) von vorneherein repellent auf den jeweiligen Pflanzenfresser. Als "Konservierungsstoffe" mit bakterizider und fungizider Wirkung dürfen sie – abhängig von der jeweiligen Tierart – bestimmte Konzentrationen in der Nahrung nicht überschreiten, damit diese verdaulich bleibt, da sonst zu viele Eiweiß- und Enzymkomplexverbindungen gebildet werden und u.U. die Darmflora empfindlich gestört werden kann (PALO 1984, 1987a&b, REESE 1979, RYAN 1979, LINDROTH 1988, MOLE u. WATERMAN 1987, ROUSI u. HÄGGMAN 1984, ROY u. BERGERON 1990a&b, SWAIN 1979, TAHVANAINEN et al. 1985).

EMLÉN (1966) definiert Nahrungsbevorzugung als einen dynamischen Prozeß, der durch Veränderung der Umweltbedingungen beeinflusst wird. Danach fressen Tiere alles Verdauliche, solange Nahrung knapp ist, werden aber mit zunehmender Sättigung auch zunehmend selektiver. Er bezieht sich dabei vor allem auf den kalorischen Wert der Nahrung. BUCYANAYANDI et al. (1990) dagegen betonen, daß es mehr auf das Verhältnis zwischen Nährstoffen und Störstoffen ankommt. Nach BERGERON u. JODOIN (1987) sind vor allem Phenole dafür verantwortlich, wenn pflanzliche Nahrung unverdaulich wird, denn sie gehen mit Verdauungsenzymen und Eiweißen Komplexverbindungen ein (GOLDSTEIN u. SWAIN, 1965, SWAIN, 1979), was die Nährstoffassimilation herabsetzt. Auch wenn einfache phenolische Verbindungen wie Quercetin keine echten Gerbstoffe sind, da sie nur selten stabile Polymere mit Eiweißen bilden, können sie doch starke Enzyminhibitoren sein (HARBOURNE 1979). LINDROTH u. BATZLI (1984) fanden in Zwangsversuchen, in denen sie die Nahrung von *Microtus ochrogaster* mit

---

der Aufschluß faserreicher Nahrung passiert, stellt dieses Verhalten eine hervorragende Anpassung an die eigentlich schlechtverdauliche Rohkost dar. Zoecum und Dickdarm sind bei den Kurzschwanzmäusen am größten und bestdifferenziertesten von allen Mäuseartigen (VORONTŠOV 1962).

verschiedenen phenolischen Verbindungen versetzten, daß Quercetin und Gerbsäure vor allem durch direkte Toxizität (Nierenschädigung) negativ auf den Nagerorganismus wirken. Quebracho als hochwirksamer Gerbstoff wirkte dagegen stark repellent, die Tiere verhungerten. Wenn Tiere nur Nahrung mit geringen Eiweißgehalten zur Verfügung haben, treten die toxischen Effekte der einfachen phenolischen Verbindungen vor allem deshalb ein, weil weniger Proteine für die Enzymfunktionen aus der Nahrung aufgenommen werden können (die komplex gebunden werden). Die Kurzschwanzmäuse sind bis zu einem gewissen Grade in der Lage, diesen Mangel durch höhere Aufnahmeraten auszugleichen - was in der konkreten Waldsituation zu einer Steigerung der Schäden führt.

Die Quotienten aus Nährstoffen und Störstoffen, die sogenannten Nährwertindizes, geben darüber Auskunft, welchen Nahrungswert ein Pflanzenteil hat (LUNDERSTÄDT u. HOPPE 1975, SCHOPF 1986). Vor allem der Eiweißstoffwechsel, aber auch die Enzyymbildung werden durch die phenolischen Verbindungen behindert (BATZLI 1985). Je niedriger dieser Quotient ausfällt, desto schlechter kann der Herbivore das betreffende Pflanzenteil verwerten (und umgekehrt) (GORA 1995, HABERMANN 1993, ROHDE 1994, SCHOPF 1986). Hier zeigt sich deutlich, daß die Freiflächenpflanzen, zumindest was den Nährwert ihrer Rinde angeht, mit den Schirmflächenpflanzen gleich liegen. Zwar enthält ihre Rinde mehr Nährstoffe, aber auch mehr Störstoffe, sodaß die Rinde der oberen Sproßteile bei den Schirmflächenpflanzen ernährungsphysiologisch sogar etwas günstiger zu beurteilen ist, als diejenige der Freiflächenpflanzen. Dies könnte die fehlende Korrelation zwischen einzelnen Inhaltsstoffen und der Fraßattraktivität erklären.

Für Jungpflanzen der Baumart Buche und Rötelmäuse als Schadverursacher konnte damit der Nachweis erbracht werden, daß im Freiland auftretende Unterschiede im Schadausmaß auf Frei- und auf Schirmflächen nicht pflanzenphysiologisch bedingt sind. In Verbindung mit den Strahlungsmessungen und Plotaufnahmen ist somit zu folgern, daß primär vor allem die von den Strahlungsverhältnissen gesteuerten Biotopmerkmale (Bodenvegetation) darüber entscheiden, ob Kurzschwanzmäuse eine gegebene Fläche überhaupt besiedeln und infolgedessen dort Schäden an den Forstpflanzen verursachen oder nicht.

## 4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit Fragen der Prognose und Bewertung von Schäden, die durch die vorwiegend oberirdisch fressenden Wühlmausarten Erdmaus (*Microtus agrestis* L.), Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus* Schreb.) und Feldmaus (*Microtus arvalis* Pallas)(*Mammalia, Rodentia, Arvicolidae*) in Forstkulturen verursacht werden.

Auf der Grundlage mehrjähriger Freilandversuche wird das herkömmliche Prognoseverfahren „Index 100 Fangnächte“ auf seinen Aussagewert überprüft und Vorschläge zur Bereinigung seiner Fehler gemacht. Der sich daraus ergebende „Bereinigte Index 100 Fangnächte“ erreicht eine deutlich höhere Aussagekraft als der auf herkömmliche Art berechnete Index, wird aber ebenfalls noch von einer Vielzahl nicht steuerbarer Faktoren beeinflusst, die die Ergebnisse sehr unsicher machen. Um diese Unsicherheiten einzudämmen und für die Praxis auf schnellem und preiswertem Weg brauchbare Hinweise auf den Gefährdungsgrad einer Kultur zu erhalten, wird der Einsatz eines Köderverfahrens zur Abundanzermittlung oberirdisch fressender Kurzschwanzmäuse vorgestellt, die Steckholzmethode. Diese wird in dreijährigen Versuchsserien den Resultaten des in engem zeitlichen Zusammenhang auf denselben Flächen durchgeführten Fallenfangs gegenübergestellt. Der Vergleich stellt die Überlegenheit eines nur von der Attraktivität eines Dauerködors abhängigen Verfahrens zur Feststellung eines Kurzschwanzmausbesatzes heraus. Für die Einschätzung des Gefährdungspotentials ist die Kenntnis der Artenzusammensetzung der Kurzschwanzmauspopulation ohne Bedeutung, die Methode erlaubt eine Dauerbeobachtung über eine volle Gefährdungsperiode vom Herbst bis zum Frühjahr.

Die Anfälligkeit der einzelnen Baumarten für Mäusenageschäden ist sehr unterschiedlich. Anhand dreijähriger Beobachtungen auf neun von Mäusen geschädigten Kulturen wurde für einige Laubbaumarten eine Einstufung ihrer Gefährdung vorgenommen und ihr Reaktionsvermögen überprüft. Die geringsten Überlebenschancen hat Hainbuche, gefolgt von Speierling und Stieleiche. Wider Erwarten gute Überlebensraten hat die Rotbuche gezeigt. Diese nach Ansicht von Praktikern als eine der am stärksten gefährdeten

Baumarten verfügt über ein hervorragendes Heilungspotential. Nur 20% der untersuchten Pflanzen starben infolge von Mäusefraß ab. Sehr gutes Heilungsvermögen zeigten Vogelkirsche und Esche, unübertroffen war Wildapfel. Esche und Wildapfel vermögen am Wundort neues Rindengewebe zu regenerieren, ohne die Wunde von den Rändern her überwallen zu müssen. Vor allem die hohen Verluste bei Hainbuche als Mischbaumart legen nahe, diese schattenverträgliche (dienende) Baumart erst in eine Kultur einzubringen, wenn diese sich bereits weitgehend geschlossen hat. Die trotz anfänglich großen Schadensausmaßes hohe Regenerationskraft der Baumarten Apfel, Esche, Kirsche und Buche nach Verwundung durch Mäuse führt in vielen Fällen zur Ausheilung durch Überwallung, vorausgesetzt, daß zumindest in den folgenden Vegetationsruheperioden Mäusefraß ausgeschlossen bleibt.

Die Fähigkeit zur Ausbildung von Adventivtrieben gibt neben den klassischen Stockausschlagsarten wie Hainbuche und Rüster, die sich im Mittel- und Niederwaldbetrieb bewährt haben, auch Buche und Kirsche selbst nach Ringelung noch Überlebenschancen. Diese Chancen lassen sich möglicherweise deutlich verbessern, wenn derart geschädigte Pflanzen vor dem Austreiben im Frühjahr nach der Schädigung direkt oberhalb der Ringelungsstelle auf den Stock gesetzt werden. Der Schnitt sollte oberhalb des Schadens erfolgen, um dem Baum jede Möglichkeit zu belassen, schlafende Knospen zu aktivieren. Er sollte vor dem Austrieb erfolgen, um jede Vergeudung der in der Wurzel gespeicherten Reserven an den absterbenden Sproß zu verhindern. Dieser stirbt erst nach ein bis zwei Vegetationsperioden, versorgt aber in dieser Zeit die Wurzel nicht mehr mit Assimilaten und hungert sie so regelrecht aus. Zu dieser Frage stehen systematische Untersuchungen aus.

Kurzschwanzmäuse hängen in Ihrer Populationsentwicklung von der Bodenvegetation ab, die wiederum direkt von den Strahlungsverhältnissen am Standort gesteuert wird. Ohne nähere Vegetationsaufnahmen durchzuführen, wurde in unterschiedlichen Vegetationstypen untersucht, ob eine Beziehung zwischen Mäusenageschäden und Strahlungsverhältnissen besteht. Dazu wurde die Messung von PAR<sub>SF</sub>, DIFFS und nicht von pflanzlicher Biomasse abgedecktem Himmelsanteil aus hemisphärischen Fisheye-Aufnahmen eingesetzt. Es wurden rasterförmig im 30-Meter-Abstand über 22 Kulturflächen Meßpunkte gelegt, in deren Umgebung jeweils

20 Forstpflanzen auf Mäuseschäden untersucht wurden. Als zweites Verfahren wurde auf zwei Flächen eine sternförmig angelegte Linientaxation getestet. Mit beiden Verfahren ließen sich sehr enge Zusammenhänge zwischen Strahlungsverhältnissen und dem Auftreten von Mäusenageschäden zeigen. Es wird gefolgert, Mäuseschäden wo immer möglich über die Steuerung des Lichtes zu verhindern oder doch stark einzuschränken. In Naturverjüngungen, Buchenvor- und -unterbauten ist dies bereits in hohem Grade verwirklicht, nicht aber bei Kulturen auf der Freifläche. Hier sollte, auch aus sonstigen Gründen wie der Frost- und Trocknisgefahr und der Gefährdung durch die Schermaus (*Arvicola terrestris*) eine Staffelung der Kultur erfolgen, die es erlauben würde, mit unempfindlichen Baumarten ein Bestandesklima zu erzeugen, das als gesteuerte Sukzession nach einigen Jahren die Einbringung der empfindlicheren Baumarten erlaubt.

Für gefährdete Kulturflächen mit eigener Mäusepopulation wird eine rechtzeitige Überprüfung des Kurzschwanzmausbesatzes mittels Apfelsteckreisern empfohlen (Mitte September). Für Flächen ohne kleinstandörtliche Kurzschwanzmauspopulation empfiehlt es sich, im Spätsommer die weitere Nachbarschaft (etwa im Umkreis von 500 Metern) auf Mäusepopulationen zu überprüfen. Besonderen Anlaß zur Kontrolle geben drastische Biotopveränderungen wie etwa ein Wiesenumbruch in der Nähe von Kulturflächen.

Die Attraktivität von Pflanzen für Herbivore hängt wesentlich von der Zusammensetzung ihrer Inhaltsstoffe und der Wechselwirkung von Nährstoffen und Störstoffen ab. Vor allem hinsichtlich der Sekundärstoffgehalte gibt es interspezifisch große Unterschiede, aber auch intraspezifisch sind für einzelne Arten Gehaltsunterschiede zwischen Schatten- und Freiflächenpflanzen nachgewiesen worden. Zur Klärung, ob derartige Unterschiede zwischen Pflanzen der Baumart Buche vorliegen und ob diese auch Unterschiede in der Attraktivität für Mäuse mit sich bringen, wurden Wahlversuche unter Freiluftgehegebedingungen durchgeführt. Im Winter bekamen die Mäuse Gelegenheit, Buchenpflanzen von benachbarten Flächen, die im Großschirmschlagverfahren zur Freifläche umgewandelt beziehungsweise unter fast geschlossenem Schirm verjüngt worden waren, jeweils drei Wochen lang zu benagen.

Parallel dazu wurden von diesen Wahlversuchspflanzen Stammproben und von gleichzeitig auf den gleichen Flächen erworbenen Ganzpflanzen

Proben aller Pflanzenteile gezogen und die Inhaltsstoffprofile aus löslichen Kohlenhydraten, Stärke, Proteinaminosäuren, Chlorophyll, Gesamtphenolen, Proanthocyanidinen, Catechin, Epicatechin, China- und Shikimisäure in deren Rinde erstellt.

In den Wahlversuchen, zu denen aus technischen Gründen nur Rötelmäuse eingesetzt werden konnten, wurden keine eindeutigen Attraktivitätsunterschiede festgestellt. Im Gesamttrend wurde mehr Rinde von Freiflächenpflanzen gefressen als von Schirmflächenpflanzen.

Inhaltsstoffanalysen wiesen in der Rinde der Freiflächenpflanzen gegenüber derjenigen der Schirmflächenpflanzen sowohl höhere Nährstoff- als auch Abwehrstoffgehalte nach. Bei Bildung der physiologisch relevanten Nährwertindizes glichen sich diese Unterschiede aus.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß unterschiedlich starker Fraß der Rötelmaus an Buchen von Frei- beziehungsweise Schirmflächen nicht auf pflanzenphysiologische Unterschiede zurückzuführen sein dürfte.

Wühlmauspopulationen benötigen eine Minimalausstattung des Habitats mit Gräsern und Kräutern, um existieren zu können. Die vorliegenden Untersuchungen ergeben, daß in erster Linie Biotopausprägungsmerkmale dafür verantwortlich sind, ob auf einer gegebenen Jungwuchsfläche Mäuseschäden auftreten, sobald die Bodenvegetation für die Mäusepopulation keine Lebensgrundlage mehr bietet. Ausgenommen von dieser Regel sind Flächen, die zwar auch in der Vegetationsperiode selbst keine Kurzschwanzmauspopulation tragen können, aber von einer solchen invasionsartig besiedelt werden, wenn sich in deren eigentlichem Heimatareal die Habitatverhältnisse drastisch verschlechtern.

## 5. Summary

**On the temporal prognosis, spatial distribution and healing dynamics of damage on young forest plants, caused by voles (Field vole, *Microtus agrestis* L., bank vole, *Clethrionomys glareolus* Schreb., and common vole, *Microtus arvalis* Pallas).**

The issues of this paper are the prognosis and assessment of damage caused by voles which feed above the ground in young forest stands and in winter have bark of young trees, especially of broadleaved species, in their diet.

Based on field-experiments carried out during six consecutive years, the common "Index-100 -Trap-Nights" is scrutinized for the reliability of its results, and a proposal for its improvement is made. The result is a "Refined-Index-100-Trap-Nights" that reflects the status of a given vole-population much better than the traditional one. However, this refined index too is affected by different factors not under the researcher's control (e.g. weather, the personal scent of the trapper, varying attractivity of bait etc.) which can lead to results of doubtful reliability. To minimize these uncertainties and give the forester a simple, practical and cheap instrument for the assessment of the risk for vole-damage, the use of fresh bait-twigs is proposed. For three years of autumnal trapping series this method was tested and compared in close spatial and temporal relation with the improved trap-line-technique. The comparison gives proof of the superiority of this method where the results depend only on the voles themselves and the attractiveness of a long-term bait, such as freshly cut twigs of apple (*Malus sylvestris* or *M. domestica*). The twigs should have a minimum diameter of around a half inch, a clean diagonal cut on the lower end to avoid peeling and be stuck in the ground in an upright position and in a line, every two steps one twig. At least 25 of them should be arranged in a line crossing the test-area. These twigs are placed in Mid-September (before the voles change their diet to the bark of forest-species) and remain in the field for at least one week. If after this time - and possibly a second week - less than 20% of the twigs are at least partly debarked, the risk of economically significant vole-damage is very low.

For this kind of risk-assessment it is unimportant to know which vole-species are present because the method is selective for species whose winter-diet includes the bark of trees. Additionally, due to the high attractiveness of



the apple-twigs remaining in the field for the whole period of autumn and winter the forester can detect any invasion of voles from neighbouring areas before forest-trees are heavily attacked.

The susceptibility for vole damage varies strongly between the different tree species. On nine forest plantations damaged by voles, several species of deciduous trees were surveyed during three consecutive years. On this basis, a ranking for their vole-damage-proneness and ability for coping with the wounds inflicted by voles has been developed. The least chance of survival has hornbeam (*Carpinus betulus*), followed by sorvice-tree (*Sorbus domestica*) and pedunculate oak (*Quercus robur*). Surprisingly high survival rates were found in beech (*Fagus sylvatica*). This species is estimated by foresters to be most likely to be affected by severe vole-damage, yet it has an excellent potential to heal vole-wounds - only 20% of the examined trees died because of vole-damage. A very high potential for healing was shown by wild cherry (*Prunus avium*) and ash (*Fraxinus excelsior*), and especially crab apple (*Malus sylvestris*). Ash and crab apple are able to generate new bark tissue on the surface of a wound without having to close the wound from its borders. The high percentages of loss in hornbeam suggest that this species, very tolerant to shadowing, should be established a couple of years later than the initial plantation, when already a stand-microclimate exists and voles are no longer a problem.

The high potential of crab apple, ash, wild cherry and beech for healing initially severe wounds inflicted by voles leads in many cases to complete recovery - if the absence of voles can be guaranteed for the following 2-3 years.

Not only tree-species traditionally managed as coppice, such as hornbeam and elm (*Ulmus spp.*), are able to sprout anew when their original stem is destroyed but also beech and cherry have a good chance to survive in this way - even after girdling. The survival-rates can possibly be augmented if the girdled trees are reduced to stumps. The cut should be made above the girdling, because that allows the tree to use any sleeping bud left and it should be done before the growth in spring because that allows the plant to use all its reserves for the new shoot instead of wasting it on the old one. A girdled shoot left uncut lives for one or two, in rare cases three, further years and thus starves its roots to death. Systematic research in this field is still missing.

The population dynamics of the voles depend on the ground vegetation. The vegetation itself depends directly on solar radiation. Without a detailed

vegetation census in different types of vegetation, the relationship between radiation and vole-damage was studied.

For this purpose, using hemispherical fisheye photographs, PARSF (**Photosynthetically Available Radiation Site Factor**), DIFFS (**Diffuse Radiation Site Factor**) and the portion area of the sky not covered by vegetation was determined. On 22 study-areas a grid (30m x 30m) of points for measurements was established. At every point a fisheye-photo was taken on an evenly clouded day (with only diffuse and no direct radiation). Around every point of measurement, a plot of 20 forest plants was examined for vole damage, the damage was ranked in five degrees according to the portion of the trees perimeter it covered. In two study areas a second method was tested, using arbitrarily placed lines of taxation. Both methods showed close correlations between radiation and vole damage.

It is concluded that the risk of vole damage is best managed by steering the radiation with silvicultural means. This is already achieved to a high degree in a silviculture based on natural regeneration or the artificial establishment of the next forest generation long before the actual one is harvested; contrarily the establishment of plantations in the open field is very risky. Not only due to the risk of girdling by voles, but also with respect to the water vole as destructor of roots, the water regime, late frost and droughts, plantations of deciduous trees should be carried out in subsequent echelons. This allows to develop a stand-microclimate unfavourable for voles, with robust species first and more sensitive ones to follow.

In forest plantations with an established vole population an in-time-survey (Mid-September) of the voles' abundance is recommended, employing apple cuttings as baits. In plantation areas without an indigenous vole population (e.g. due to the lack of ground vegetation) it is recommended to monitor thoroughly the surrounding areas for vole populations (in a radius of about 500 meters) in late summer. Special efforts for monitoring are required if drastic changes are taking place in these habitats (e.g. ploughing of a pasture etc.).

The attractivity of plants for herbivorous animals depends to a great deal on their nutrient content and the interaction of nutrients and secondary compounds. Especially with respect to the latter extensive interspecific differences exist. But also intraspecifically for certain species differences in their concentrations of nutrients and other compounds have been established

depending on whether the plant grows under the canopy of old trees or in the open. In order to investigate if these differences also exist in beech, and whether they generate differences in the preference for voles, choice experiments were carried out in open-air enclosures. In winter stumped beech-plants from neighbouring areas, with and without an old stand of beech respectively, were offered to socially stable groups of bank voles for three weeks. Parallel samples of control stem were taken and the content of soluble carbohydrates, starch, protein-amino acids, chlorophyll, total content of phenolic compounds, proanthocyanidines, catechin, epicatechin, china acid and shikimic acid was investigated in the bark of crown, stem and roots.

With regard to the attractiveness selectivity tests of the two different provenances showed no significant differences. In general more bark was eaten from the trees that originated from the open area. The analyses of their inner contents showed that the plants from the open area contained higher levels of nutrients, but also of secondary compounds. Comparing the physiologically relevant nutritional indexes these differences were compensated.

It is concluded that differences in the level of bank vole damage inflicted on beech-plants growing in the shadow or in full light do not depend primarily on their physiological differences.

Vole populations have minimum requirements for a ground vegetation in their habitat. The ground vegetation of a given biotop determines the carrying capacity for a vole population and thus the risk for vole damage on the forest plantation or young growth. Bark-gnawing occurs only when the herbal and gramineous vegetation does not provide a basis for the voles' subsistence any longer.

However, areas that, due to the absence of a cover of ground vegetation, lack the capacity to carry a vole population during summer, (especially in autumn and winter) can be invaded by voles forced to emigrate due to drastic changes in their original habitat.

## 6. Resumen

### **Acerca del prognosis temporal, distribución espacial y dinámica de curación de daños en plantas forestales, causados por campañoles (*Microtus agrestis* L., *Clethrionomys glareolus* Schreb. y *Microtus arvalis* Pallas)**

El presente trabajo trata la temática del prognosis y de la evaluación de daños en plantaciones forestales jóvenes que han sido causados por las tres especies de campañoles que se alimentan sobre todo epigaeicamente e en invierno viven de la corteza de árboles, sobre todo de especies de hoja ancha.

Basándose en estudios al aire libre, llevados a cabo durante seis años, el método "Índice 100 noches de captura" ha sido validado por la representatividad de sus resultados y se hace propuestas para la eliminación de sus fallas. El resultante "Índice refinado de 100 noches de captura" llega a un nivel más alto de representatividad que el índice tradicional, pero todavía queda influenciado por un sinnúmero de factores fuera del manejo del experimentador (p.ej.: el tiempo, bouquet kairomonal de la persona que pone las trampas, variaciones en la atractividad del cebo etc.). Para eliminar estas incertitudes y para en la práctica llegar a resultados válidos acerca de la presencia y abundancia - y por ende el riesgo que corre la plantación forestal dada de sufrir daños graves - de los campañoles en cuestión de forma simple, rápida y barata, se propone un modo que sólo emplea cebos como indicadores. En Alemania ramitas de manzano se ofrecen como cebo ideal, ya que no sólo son altamente atractivas para los campañoles, más atractivos que las mismas plantas forestales, sino, a la vez son altamente selectivas porque otras especies de roedores muestran poco interés en ellas. Durante tres años, en series de estudio, éste método ha sido probado y comparado con el método "Índice refinado de 100 noches de captura". Esta comparación resalta la superioridad de un método indicador que usa un cebo selectivo y durable y sólo depende de los animales mismos, frente a uno que tiene que capturar estos animales - sin que importe si vivos ó muertos.

Para poder estimar el potencial de una población de campañoles para infligir daños graves a una plantación, no es de mayor importancia el saber, cual de las tres especies será el causante, ya que el daño que producen las tres

es parecido. El modo permite un monitoréo permanente durante toda una época de riesgo (otoño - invierno).

La susceptibilidad de las diferentes especies de árboles para daños de campañoles varia mucho. A base de mediciones, llevados a cabo durante tres años subsiguientes en nueve plantaciones que habían sufrido daños graves por los roedores en cuestión, para algunas especies de hoja ancha se ha establecido un escalafón de riesgo y examinado su poder reactivo. Las peores chances de sobrevivir un ataque severo de campañoles tiene la olmedilla (*Carpinus betulus*), seguido por *Sorbus domestica* y roble (*Quercus robur*). Sorprendentemente buenos porcentajes de sobrevivencia mostró el haya (*Fagus sylvatica*). Según el estimo de la práctica forestal es una de las especies más susceptibles; sin embargo cuenta con un potencial regenerativo extraordinario. Sólo el 20% de los hayas examinados murieron a causa de los roedores. Facultades excelentes de curar sus heridas mostraron cerezo (*Prunus avium*) y fresno (*Fraxinus excelsior*), inigualable era manzano (*Malus sylvestris*). Fresno y manzano son capaces de regenerar corteza nueva directamente en la superficie de la herida si la madera no está rozada, sin necesidad de cerrar la herida desde los bordes para adentro. Sobre todo los porcentajes muy altos de pérdida en olmedilla sugieren, que a ésta especie de función servidora, a la vez muy tolerante a la sombra, se debería plantar sólo después de algunos años de existencia de la plantación, cuando la plantación ya se haya cerrado en gran parte y ya exista un microclima forestal en el predio.

El potencial de muchas especies forestales para curar sus heridas, recibidas por parte de los roedores, en muchos casos lleva a una recuperación completa - siempre y cuando se logra excluir más daños en las épocas invernales siguientes.

La capacidad de retoñar no existe sólomente en las especies tradicionalmente manejadas por tala y retoño como olmedilla y olmo (*Ulmus spp.*) sino también en otras como el haya y el cerezo. A través de esta estrategia los árboles tienen un chance de sobrevivencia aunque estén descortezados por el 100% de su circunferencia. Este chance posiblemente podría aumentar significativamente si se cortaría el tronco original directamente encima del daño. Encima del daño, porque de esta manera el árbol puede usar todo botón durmiente que existe. La poda debe producirse ántes de que el árbol brote en la primavera, porque de ésta manera se evita que éste desgaste sus fuerzas, ya

que el fuste original no muere en seguida sino sólo después de un a dos, a veces hasta tres años y en este tiempo hambrea la raíz hasta la muerte. Experimentos sistemáticos acerca de este campo todavía no se ha llevado a cabo.

Roedores de la familia *Arvicolidae* en el desenvolvimiento de sus poblaciones dependen de la cobertura vegetal del suelo; ésta, en cambio, esta conducida directamente por la irradiación. Por esto se investigaron las posibilidades de relacionar los daños de campañoles directamente con el porcentaje de irradiación en el lugar dado, sin necesidad de establecer un catálogo de las plantas geófitas ó de la densidad de la cobertura vegetal del suelo. Para este fin se tomó fotografías hemisfericas con un lente fish-eye y de estas fotos se midió el porcentaje de radiación que llega al lugar dado. Las mediciones permitieron el cálculo del PARSF (**Photosynthetically Available Radiation Site Factor**) o sea el porcentaje de la radiación activa en la fotosíntesis que rige para este lugar, DIFFS (**Diffuse Radiation Site Factor**), el porcentaje de la radiación difusa que llega al lugar de medición y, adicionalmente, se estableció el porcentaje del horizonte que no estaba tapado por la vegetación (véa las ilustraciones 1.8 - 1.15). Se estableció una red de puntos de medición de 30 metros por 30 metros en 22 predios forestales de diferentes tipos de plantación, tanto bajo la sombra de predios maduros de diferentes especies como después de tala rasa. En cada punto se tomó una foto del cielo en condiciones de nubosidad difusa y se examinaron veinte plantas forestales, clasificandolas por la extensión de sus heridas acorde el porcentaje de su circunferencia según un escalafón de cinco escalones. Como modo segundo se probó la taxación de líneas arbitrariamente trazadas en los predios. Con los dos métodos fue posible establecer una correlación muy cercana entre irradiación y grado de daños. De ésto se concluye, que en lo posible se debería tratar de minimizar , si no evitar, la apariéncia de daños causados por campañoles a través de un manejo de la luz que llega al suelo. En sistemas de regeneración natural y a largo plazo eso ya se da perfectamente, no así en reforestaciones ó plantaciones nuevas. En estos casos se debería pesar la posibilidad de establecer la plantación por escalones: primero se planta especies robustas y, algunos años más tarde cuando ya se haya cerrado ésta plantación base se agrega las especies más susceptibles a los daños, de esta manera cultivando el bosque en una forma de sucesión artificial y manejada. Esto no sólo es recomendable con miras a los campañoles que roen la corteza, sino también con miras al campañol terrestre (*Arvicola*

*terrestris* Scher.) que traga las raíces, al riesgo de heladas y él de sequías.

Para plantaciones con riesgo a ser dañadas por los roedores ya que tienen una capa mas ó menos densa de vegetación herbácea y graminácea, se recomienda un monitoreo a tiempo (siempre ántes de que esta vegetación se marchite ó seque, o sea a mediados de septiembre), empleando las ramitas de manzano, plantándolas a dos pasos en líneas que atraviezan el predio. Estas ramitas quedan paradas para por lo menos una, posiblemente dos semanas. Si después de éste tiempo menos del 20% tiene rasgos de roedores, daños económicamente graves son poco probables. Si se deja las ramitas platadas para el restoi de la época invernal, además muy rápidamente se puede detectar invasiones nuevas por poblaciones de campañoles desde áreas cercanas.

Para predios que no tienen mucha vegetación geófitas se recomienda revisar bién las cercanías a un radio de alrededor de 500 metros por poblaciones de campañoles a fines del verano y vigilar bién si a estas areas algo esté pasando que pueda cambiar bruscamente las condiciones de vida de los roedores.

La atractividad de plantas para herbívoros en primer lugar depende de su contenido, tanto de nutrientes como de elementos secundarios y la relación entre los dos grupos. Sobre todo en cuanto a los contenidos secundarios hay una vasta gama de diferencias entre las especies. Pero también dentro de una especie han sido comprobadas grandes diferencias entre especímenes provenientes de la sombra de árboles maduros y especímenes provenientes del pleno sol. Para esclarecer si esto también es el caso en el haya, y si estas posibles diferencias también causan diferencias en la atractividad que tienen las plantas para campañoles (en este caso *Clethrionomys glareolus*), se llevó a cabo experimentos de selección en corrales al aire libre. En invierno se expuso plantas de haya, provenientes de dos predios forestales vecinales, el uno bajo sombra, el otro a plena luz, a grupos familiares de diez animales c.u. durante tres semanas.

Paralelamente se tomaron pruebas de los fustes de éstas plantas y se tomaron como pruebas de comparación árbolitos completos de ambos predios, sacando pruebas de todas sus partes (véa ilustración no. 1.20). De estas pruebas se sacó muestras de la corteza para establecer el perfil de sus contenidos en carbohidratos solubles, almidón, aminoácidos de proteínas,

compuestos fenólicos en general, proanthocyanidina, catequina, epicatequina, ácido china y ácido shikimico.

En los experimentos de selección no se pudo establecer diferencias inequívocas de atractividad aunque en total los campañoles han comido porciones más grandes de la corteza de los arbolitos provenientes de plena luz.

Los análisis establecieron contenidos más altos, tanto de nutrientes como de los otros componentes en las plantas crecidas en plena luz. Calculando índices nutritivos (nutrientes / inhibidores y repelentes) los que fisiológicamente son relevantes, estas diferencias se nivelaron.

Los resultados experimentales indican que diferentes niveles de daños, causados por *Clethrionomys glareolus* en haya, no son deducibles de diferencias fisiológicas de las plantas.

Poblaciones de campañoles requieren de un equipamiento mínimo de su habitat con vegetación geófitas para poder existir. A base de las investigaciones presentes se estableció que en primer lugar características del habitat firman responsables para la existencia de una población de campañoles en una plantación forestal y, por ende, por los daños a esperar de ella en el momento que la vegetación geófitas ya no represente una base suficiente para su sostenimiento.

Excepción de ésta regla general forman predios que por falta de ésta vegetación no sirven como habitat permanente para una población de campañoles pero que inesperadamente se encuentran invadidas por aquella en el momento que en su área propia algún cambio drástico de sus condiciones de vida haya tomado lugar.



## 7. Verwendete Literatur

- Abaturov, B.D. (1972): The role of burrowing animals in the transport of mineral substances in the soil. *Pedobiologia* 12) S.261-266
- Agrawal, A.A. (2000): Overcompensation of plants in response to herbivory and the by-product benefits of mutualism. *Trends in Plant Science* (5)7, S. 309-313 Elsevier Science Ltd.
- Airoldi, J.-P.; R. Altrocchi; A. Meylan (1976): Le comportement fouisseur du Campagnol terrestre, *Arvicola terrestris* scherman SHAW (Mammalia, Rodentia). *Rev. Suisse Zool.*(83) S.282-286
- Bäumler, W. (1981a): Zur Verbreitung, Ernährung und Populationsdynamik der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) und der Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*) in einem Waldgebiet der Bayerischen Alpen. *Anz. Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* (54) S.49-53
- Bäumler, W. (1986b): Trüffel, Mäuse und Testosteron. *Naturwiss. Rundschau* (39) S.396-397
- Bäumler, W. (1986): Populationsdynamik von Mäusen in verschiedenen Waldgebieten Bayerns. *Anz. Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* (59) S.112-117
- Bäumler, W. (1989): Von Mäusen abgenagte Wurzeln bei Waldbäumen. *Anz. Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* (62) S.72-74
- Batzli, G.O. (1985): Nutrition. in: R.H.Tamarin (Ed.): *Biology of New World Microtus*, Spec.Publ.No. 8, Amer.Soc.Mamm., Boston, Ma. S.779-811
- Batzli, G.O. (1985): The role of nutrition in population cycles of microtine rodents. *Acta Zool.Fenn.*(173) S.13-17
- Bayerische Staatsforstverwaltung (1997): Steckholzprognose zur Mäuseüberwachung. *LWF aktuell* (Heft 10) S.18
- Beacham, T.D. (1979a): Selectivity of avian predation in declining populations of the vole *Microtus townsendii*. *Can.J.Zool.* (57) S.1767-1772
- Beacham, T.D. (1979b): Survival in fluctuating populations of the vole *Microtus townsendii*. *Can.J.Zool.*(57) S.2375-2384
- Beacham, T.D. (1979c): Dispersal tendency and duration of life of hibernates during population fluctuations of the vole *Microtus townsendii*. *Oecologia* (42) S.11-21

- Bergeron, J.M.; L.Jodoin (1987): Defining "High quality food resources of herbivores: the case of meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*).  
*Oecologia* (71)S. 510-517
- Bergeron, J.-M.; R.Goulet; A.Gonzalez-Voyer (1998): The Use of Coniferous Seedlings as Alternative Food to Protect Red Oak (*Quercus rubra*) from Vole Girdling.  
*Scand.J.For.Res* (13) S.50-53
- Biederbick, K.H. (1992): Die direkte Sonnenstrahlung als Standortfaktor.  
*Forstarchiv* (63) S.131-13
- Broadhurst, R.B.; Jones, W.T. (1978): Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. *J.Sci.Food Agricult.* (29) S.788-794
- Bucyanayandi, J.D.; J.M.Bergeron; H.Menard (1990): Preference of meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*) for conifer seedlings: Chemical components and nutritional quality of bark of damaged and undamaged trees.  
*.Chem.Ecol.*(16) S.2569-2579
- Bucyanayandi, J.-D.; J.-M.Bergeron; J.Souche; D.W.Thomas; Y.Jean (1992): Differences in nutritional quality between herbaceous plants and bark of conifers as winter food for the vole *Microtus pennsylvanicus*.  
*J.Appl.Ecol.*(29) S.371-377
- Burschel, P.; J.Huss; R.Kalbhenn (1964): Die natürliche Verjüngung der Buche.  
*Schriftenr.Forstl.Fak.Univ.Göttingen/Mitt.d.NFVA* (34) S.1-186
- Cabon-Raczynska, K.; B.Giege; A.L.Ruprecht (1970): Distribution and relative Density of *Microtus arvalis* (Pallas, 1779) in Poland as Based on an Analysis of Owl Pellets. *EPPO Public.Ser.A* (58)S. 81-86
- Danell, K.; T.Elmqvist; L.Ericson; A.Salomonson (1987): Are there general patterns in bark eating by voles on different shoot types from woody plants?. *Oikos* (50) S.396-402
- Debrot, S. (1981): Trophic relations between the stoat (*Mustela erminea*) and its prey, mainly the water vole (*Arvicola terrestris scherman*). in: J.A.Chapman and D. Pursley (Eds.): *Worldwide furbearer Conf. Proc. Vol. II* S. 1259-1289
- Delattre, P. (1983): Density of weasel (*Mustela nivalis* L.) and stoat (*Mustela erminea*) in relation water vole abundance. *Acta Zool.Fenn.*(174) S.221-222
- Dice, L.R. (1931): Methods of indicating the abundance of mammals.  
*J. Mamm.*(12) S.376-381
- Dohrenbusch, A. (1987): Kann die "relative Beleuchtungsstärke" die Lichtverhältnisse im Wald zuverlässig charakterisieren? *Forstarchiv* (58) S.24-27

- Don, B.A.C. (1979): Gut analysis of small mammals during a sawfly (*Cephalcia lariciphila*) outbreak. *J.Zool.* 188, S.290-294 London
- Droždž, A. (1966): Food Habits and Food Supply of Rodents in the Beech Forest. *Acta theriol.* (11) S.363-384
- Droždž, A. (1968): Digestibility and assimilation of natural foods in small rodents. *Acta theriol.* (13)21, S.367-389
- Droždž, A. (1969): Digestibility and utilization of natural foods in small rodents. in: *Small mammals: their productivity and population dynamics.* Hrsg. v. F. B. Golley, K. Petruszewicz u. L. Ryzkowski. *International Biological Programme 5.* S. 127-129
- Droždž, A.; A. Gorecki; W. Grodzinski; J. Pelikan (1971): Bioenergetics of water voles (*Arvicola terrestris* L.) from southern Moravia. *Ann.Zool.Fenn.*(8)S.97-103
- Dübeler, A.; Voltmer, G.; Gora, V.; Lunderstädt, J.; Zeek, A. (1997): Phenols from *Fagus sylvatica* and their role in defence against *Cryptococcus fagisuga*. *Phytochemistry* (45)1, S.51-57
- Dunger, W. (1964): *Tiere im Boden.* S. Ziemsen, Wittenberg/Lutherstadt, 265pp
- Dyer, M.I.; Moon, A.M.; Brown, M.R.; Crossley, D.A.Jr. (1995): Grasshopper crop and midgut effects on plants: an example of reward feedback. *Proc. Nat.Acad.Sci.U.S.A.*(92), Washington, S.5475-5478
- Dyer, M.I.; Acra, G.M.; Wang, D.C.; Coleman, D.C.; Freckman, D.W.; McNaughton, S.J.; Strain, B.R. (1986): Source-sink carbon relations in two *Panicum coloratum* ecotypes in response to herbivory. *Ecology* (72)S.1472-1483
- Dyer, M.I.; DeAngelis, D.L.; Post, W.M. (1986): A model of herbivore feedback on plant productivity. *Math.Biosci.*(79)S.171-184
- Dyer, M.I.; Coleman, D.C.; Freckman, D.W.; McNaughton, S.J. (1993): An analysis of heterotroph-induced source-sink relationships in *Panicum coloratum* L. using the <sup>11</sup>C technology. *Ecol.Appl.* 3(3)S.654-665
- Eckhardt, M. (1990): *Untersuchungen zur Vorverlegung von Mäuseprobenfängen.* Dipl.Arb.Fachhochschule Hildesh.-Holzm. 57pp
- Edstedt, K.G. (1979): The risk of vole damage in *Pinus contorta* regenerations. *Skogen* (6)S.54-55
- Eiberle, K. (1977): Zum selektiven Wurzelfraß der Schermaus (*Arvicola terrestris*) an Zuchtpappeln. *Schweiz.Zeitschr.Forstw.*(128)S.814-819

- Emlen, J.M. (1966): The role of time and energy in food preference. Amer.Natur.(100)S.611-617
- Erlinge, S. (1975): Predation as a control factor of small rodent populations. Ecological Bulletins (19)S.195-199
- Erlinge, S. (1980): Movements and Daily Activity Pattern of Male Stoats, *Mustela erminea*. in: C.J.Amlaner Jr. & D.W.MacDonald (Eds.): A Handbook on Biotelemetry and Radiotracking. Proc.Int.Conf.Telem.and Radiotrack.in Biol.and Medic., Oxford, 20-22 March 1979, Pergamon, Oxford, New York, S.703-710
- Erlinge, S.; G.Göransson; L.Hansson; G.Högstedt; O.Liberg; I.N.Nilsson; T.Nilsson; T.von Schantz; M.Sylvén (1983): Predation as a regulating factor on small rodent populations in southern Sweden. Oikos (40)S.36-52
- Erlinge, S.; L.Hansson (1988): Predation. in: I.Prakash (Ed.): Rodent Pest Management. CRC Press, Boca Raton, S. 411-420
- Erlinge, S.; I.Hoogenboom; J.Agrell; J.Nelson; M.Sandell (1990): Density related home-range size and overlap in adult field voles (*Microtus agrestis*) in Southern Sweden. J.Mammal.(71)S.597-603
- Erlinge, S.; J.Argell; J.Nelson; M.Sandell (1990): Social organization and population dynamics in an *Microtus agrestis* population.in: Social systems and population cycles in voles. Ed. By R. H. Tamarin, R. Ostfeld, S.Pugh, and G.Bujalska. S.45-58
- Everett, M. (1977): A Natural History of Owls. 156pp
- Everett, R.L.; A.W.Kulla (1976): Rodent cache seedlings of shrub species in the southwest. Tree Planters' notes (27(3))S.11-12
- Ferns, P.N.(1976): Diet of a *Microtus agrestis* population in south west Britain. Oikos (27)S.506-511
- Ferns, P.N.(1978): Trap mortality in *Microtus agrestis* L. Z. Säugetierkde. (43)S.92-101
- Fischer, H. (1998): Acker-Erstaufforstung. Hainholz Verlag, Göttingen, Braunschweig
- Fischer, H. (1999): Schäden an ackeraufgeforsteten Stieleichen (*Quercus robur*) und Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) und Regeneration durch Neuaustrieb aus dem Wurzelhals. Forst u.Holz (54)15 S.463-466
- Fong, H.H.S.; N.R.Farnsworth; L.K.Henry; G.H.Svoboda; M.J. Yates (1972): Biological and Phytochemical Evaluation of Plants. X. Test Results from a Third Two Hundred Accessions. Lloydia(35)S.35-48

- Frank,F. (1952): Umfang, Ursachen und Bekämpfungsmöglichkeiten der Mäusefraßschäden in Forstkulturen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.(4)S.183-189
- Frank,F. (1954): Beiträge zur Biologie der Feldmaus. Teil I. Gehegeversuche. Zool.Jb.Syst.(82)S.354-404
- Frank,F. (1957): The causality of microtine cycles in Germany. J. Wildl.Manage. (21)S.113-121
- Garthe,T. (1892): Praktisches Mittel zur Erhaltung der von den Mäusen geschälten Buchenpflanzen. Z.f.Forst-u.Jagdsw.(24)S.335-338
- Gentry,J.B.; M.H.Smith; J.G.Chelton (1971): An Evaluation of the Octagon Census Method for Estimating Small Mammal Populations.Acta theriol(16)S.149-159
- Gerber,R. (1953): Fraß der Rötelmaus,(Clethrionomys glareolus Schreber,1780). Säugetierk.Mitt.(1) S.77
- Gersdorf,E. (1953): Vorläufige Mitteilung über die Annahme von Köderhölzern durch die Erdmaus. Anz.Schädlingskde.(26)S. 40-41
- Getz,L.L.; B.McGuire; J.Hofmann; T.Pizzuto; B.Frase (1990): Social organization and mating system of the prairie vole, *Microtus ochrogaster*. in: Social systems and population cycles in voles. Ed. By R. H. Tamarin, R. Ostfeld, S. Pugh, and G. Bujalska. S.69-80
- Gill,R.M.A. (1992a): A review of damage by mammals in north temperate forests. 2.Small mammals. Forestry (65)S.281-308
- Gill,R.M.A. (1992b): A review of damage by mammals in north temperate forests. 3. Impact on Trees and Forests. Forestry (65)S.363-388
- Gipps,J.H.W. (1985): The behaviour of bank voles. Symp.zool.Soc.Lond.(55)S.61-87
- Gliwicz,J. (1973): A short characteristics of a population of *Proechimys semispinosus* (Tomes, 1860) - a rodent species of the tropical rain forest. Bull.Acad.Pol.Sci.Ser.Sci.Biol. (21)S.413-418
- Gliwicz,J. (1993): Dispersal in Bank Voles: benefits to emigrants or to residents?. Acta theriol.(38)S.31-38
- Gonschorrek,J. (1988): Tierschutzgerechtes Markierungsverfahren bei Mäusen. Anz. Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz (61)S.65-66
- Gonschorrek,J. (1989): Zur Verbesserung der Schadensprognose für Erd- und Rötelmäuse (*Microtus agrestis* L. und *Clethrionomys glareolus* Schreb.). Diss.Forstwiss.Fachber.Univ.Göttingen, 180pp + Anhang

- Gora, V. (1995): Physiologische Untersuchungen zur standort- und altersabhängigen Befallsdisposition von Kiefer-(*Pinus silvestris*)-Beständen für nadelfressende Insekten. Diss.Uni.Göttingen S.159pp
- Gora, V.; König, J.; Lunderstädt, J. (1994): Physiological defence reactions of young beech trees (*Fagus sylvatica*) to attack by *Phyllaphis fagi*. . For. Ecol. Manag.(70)S. 245-254
- Goszczyński, J. (1979): Density estimation for an urban population of the field mouse. Acta theriol.(24)S.417
- Greis, I.; Kellomäki, S. (1981): Crown structure and stem growth of norway spruce undergrowth under varying shading. *Silva fennica* (15)3,S.306-322
- Gromadzki, M.; Trojan, P. (1971): Estimation of population density in *Microtus arvalis* by three different methods. *Ann.Zool.Fenn.*(8)S.54-59
- Gurnell, J. (1979): Woodland mice. Forest record, Forestry commission, UK (118)S. 22
- Gurnell, J.(1980): The Effect of Prebaiting Live Traps on Catching Woodland Rodents. Acta Theriol.(25)S.255-264
- Gurnell, J. (1985): Woodland rodent communities. Symp.zool.Soc.Lond.(55)S.377-411
- Gurnell, J.; J.R.Flowerdew (1994): Live Trapping Small Mammals. A Practical Guide. Occasional Publication No 3, S. 1-36
- Gutierrez, A.P.; K.S.Hagen; C.K.Ellis (1990): Evaluating the impact of natural enemies: a multitrophic perspective. in: M.Mackauer, L.E.Ehler & J.Roland(Eds.): Critical Issues in Biological Control. Intercept, Andover S.81-109
- Habermann, M. (1991): Bedeutung sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe für phytophage Forstinsekten. Forst u. Holz S.698-700
- Hagen, A. (1975): Small rodents control in mineral cycling. Ecol. Bulletins (19)S.147-149
- Halle, S. (1987): Die Kleinnager in Rekultivierungsgebieten des rheinischen Braunkohlereviere: Wiederbesiedlung und Einfluß auf die forstliche Rekultivierung. Z.ang.Zool.(74)S.299-319
- Halle, S.; U.Lehmann (1987): Circadian activity patterns, photoperiodic responses and population cycles in voles. I. Long term variations in circadian activity patterns. Oecologia (71)S.568-572

- Halle,S. (1990): Zur Wirksamkeit der Nagetierbekämpfung - Nachdenkliches anhand von zwei Fallbeispielen. Mitt.BBA (264)S.48-53
- Halle,S. (1994): Eine einfache und effektive Falle für den Lebendfang von Kleinsäugetern. Säugetierkd.Inf., Jena (3)S. 647-649
- Halle,S. (1998): Die Säugetierfauna junger Rekultivierungsgebiete.  
in: Pflug,W.(Ed.): Braunkohlentagebau und Rekultivierung.  
Springer, Berlin,Heidelberg, S.302-315
- Hamar,M.; A.Tuta (1969): Estimation of the density of *Microtus arvalis* Pall. in clover fields by means of buried metal cylinders. in: Small mammals: their productivity and population dynamics. Hrsg.v.: F.B.Golley,K.Petrusewicz und L.Ryszkowski.International Biological Programme 5.S. 81-87
- Hamar,M.; M.Sutova-Hamar (1969): Estimation of rodent home-ranges in different agrosystems. in: Small mammals: their productivity and population dynamics. Hrsg.v.: F.B.Golley,K.Petrusewicz und L.Ryszkowski. International Biological Programme 5. S.99-109
- Hamerstrom,F. (1979): Effect of prey on predator: voles and harriers. Auk (96)370-374
- Hanski,I.; L.Hansson; H.Henttonen (1991): Specialist predators, generalist predators,and the microtine rodent cycle. J.Anim. Ecol.(60)S.353-367
- Hanski,I.; P.Turchin; E.Korpimäki; H.Henttonen (1993): Population oscillations of boreal rodents: regulation by mustelid predators leads to chaos. Nature (364)S.232-235
- Hanski,I.; H.Henttonen; L.Hansson (1994): Temporal variability and geographical patterns in the population density of microtine rodents:a reply to Xia and Boonstra. Am.Nat. (144)S.329-342
- Hansson,L. (1995): Demographic effects of food quality on the bank vole *Clethrionomys glareolus* (Schreber). Ecoscience (2)S.41-47
- Hansson,L.(1970): Methods of morphological diet microanalysis in rodents. Oikos (21) S.255-266
- Hansson,L. (1971a): Habitat, food, and population dynamics of the field vole, *Microtus agrestis*, in south Sweden. Viltrevy(8)S.267-378
- Hansson,L. (1971b): Small rodent food, feeding and population dynamics: a comparison of granivorous and herbivorous species in Scandinavia. Oikos (22)S.183-198
- Hansson,L. (1972): Evaluation of the Small Quadrat method of censusing small mammals. Ann.Zool.Fenn.(9)S.184-190

- Hansson,L.; I.Hoffmeyer (1973): Snap and live trap efficiency for South Scandinavian small mammals. Oikos (24)S. 477-478
- Hansson,L. (1973): Fatty substances as attractants for *Microtus agrestis* and other small rodents. Oikos (24)S.417-421
- Hansson,L. (1974): Small mammal productivity and consumption in spruce forest and reforestation in South Sweden. Oikos (25)S.153-156
- Hansson,L. (1975a): Comparison between small mammal sampling with small and large removal quadrats. Oikos (26)S.398-404
- Hansson,L. (1975b): Effect of habitat manipulation on small mammal rodent populations. Ecological Bulletins (19)S.163-173
- Hansson,L. (1977): Spatial dynamics of field voles *Microtus agrestis* in heterogenous landscapes. Oikos (29)S.539-544
- Hansson,L.; J.Zejda (1977): Plant damage by bank voles (*Clethrionomys glareolus* (Schreber)) and related species in Europe. EPPO Bull. (7)S.223-242
- Hansson,L.(1978): Small mammal abundance in relation to environmental variables in three Swedish forest phases. Studia forestalia Suecica (147)S.1-40
- Hansson,L.; T.-B.Larsson (1978): Vole diet on experimentally managed reforestation areas in northern Sweden. Holarct.Ecol.(1)S.16-24
- Hansson,L. (1979): Field signs as indicators of vole abundance. J.Appl.Ecol. (16)S.339-347
- Hansson,L.; T.-B.Larsson (1980): Small rodent damage in Swedish forestry during 1971-1979 (schwed. mit engl. Zusammenfassung). Rapp.Inst.Viltekol. [Swed. Univ. Agric.Sci., Dep. of Wildlife Ecology] (1)S.1-64
- Hansson,L. (1982): Experiments on habitat selection in voles: implications for the inverse distribution of two common European species. Oecologia (52) S.246-252
- Hansson,L. (1985): The food of bank voles, wood mice and yellow-necked mice. Symp.zool.Soc.Lond. (55)S.141-167
- Hansson,L. (1986): Bark consumption of voles in relation to snow cover, population density and grazing impact. Holarct.Ecol.(9)S.312-316
- Hansson,L.; R.Gref,L; Lundren; O Theander (1986): Susceptibility to vole attacks due to bark phenols and terpenes in *Pinus contorta* provenances introduced into Sweden. J.Chem.Ecol. (12)S.1569-1578



- Hansson,L.; R.Gref (1987): Bark Chemistry of *Pinus contorta* and *P.sylvestris* in Relation to Vole Damage. *Scand.J.For.Res.* (2)S.359-363
- Hansson,L. (1988): Natural Resistance of Plants to Pest Rodents. in: I.Prakash: *Rodent Pest Management*. CRC Press, Boca Raton S.391-397
- Hansson,L. (1990a): Spatial dynamics in fluctuating vole populations. *Oecologia* (85)S.213-217
- Hansson,L. (1990b): Mineral selection in microtine populations. *Oikos* (59)S.213-224
- Hansson,L. (1991a): Dispersal and connectivity in metapopulations. *Biol.J.Linn.Soc.* (42)S.89-103
- Hansson,L. (1991b): Bark consumption by voles in relation to mineral contents. *J.Chem.Ecol.* (17)S.735-743
- Hansson,L.(1994): Bark Consumption by Voles in Relation to Geographical Origin of Tree Species. *Scand.J.For.Res.* (9)S. 288-296
- Hansson,L. (1996): Regional differences in behaviour in bank voles (*Clethrionomys glareolus*): dyadic encounters. *Behav.Ecol.Sociobiol.* (39)S.331-334
- Hansson,L. (1997): Population growth and habitat distribution in cyclic small rodents: to expand or to change? *Oecologia* (112)S.345-350
- Harborne,J.B. (1979): Flavonoid Pigments. in: G.A. Rosenthal & H.D.Janzen (Eds.): *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites*. Acad.Press, New York S. 619-655
- Harborne,J.B. (1991): The chemical basis of plant defense. in: R.T.Palo & Robbins, C.T. (Eds.): *Plant defenses against mammalian herbivory*. CRC Press, Boston, MA S. 45-60
- Harborne,J.B. (1990): Role of secondary metabolites in chemical defense mechanisms in plants. in: D.J.Chadwick & Marsh,J.(Eds.): *Bioactive Compounds from Plants*. Ciba Foundation Symposium 154. Wiley, Chichester S. 126-139
- Harju,A. (1996a): Food selection and Performance of *Microtus* voles in relation to dietary protein and woody bark. University of Joensuu. Publications in Sciences (38)S.1-22
- Harju,A. (1996b): Effect of birch (*Betula pendula*) bark and food protein level on root voles (*Microtus oeconomus*). I. Detoxification capacity. *J.Chem.Ecol.* (22)S.719-728

- Harju,A.; O.Hakkarainen (1996a): Effect of protein and birch bark powder on food selection by root voles (*Microtus oeconomus*). J.Mammal. (Manuscript submit. to ~)
- Harju,A.; O.Hakkarainen (1996b): Selection of bark of different winter-dormant woody plant species by root voles (*Microtus oeconomus*). J.Mammal.(Manuscript submit.to ~)
- Harju,A.; J.Tahvanainen (1996): Palatability of silver birch seedlings to root voles (*Microtus oeconomus*). Ecography (Manuscript,submitted to ~) 12pp
- Hartley,S.E.; K.Nelson; M.Gorman (1995): The effect of fertiliser and shading on plant chemical composition and palatability to Orkney voles, *Microtus arvalis orcadensis*. Oikos (72)S.79-87
- Hartmann,G.; Habermann,M.; Krüger,F.; Niemeyer,H.(1998): Forstschutzsituation in Niedersachsen und Schleswig-Holstein, Nordwestdeutschland . Forst & Holz (53)S.256-260
- Hartmann,G.; Habermann,M.; Krüger,F.; Niemeyer,H. (1999): Waldschutzsituation 1998/99 in Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Forst & Holz (54) S.219-226
- Haukioja,E. (1990): Induction of defence in trees. Ann.Rev.Entomol.S.25-42
- Hayward,G.F.; J.Phillipson (1979): Community structure and functional role of small mammals in ecosystems. in: D.M. Stoddart (Ed.): Ecology of small mammals. Chapman & Hall, London S. 135-211
- Healing,T.D.; Nowell,F. (1985): Diseases and parasites of woodland rodent populations. Symp.zool.Soc.Lond. (55)S.193-217
- Heidenreich,E. (1965): *Microtus arvalis* und andere Wühlmäuse in Aufforstungen. Z.Angew.Ent. (4) S.400-408
- Hein,E.W. (1997): Environmental auditing. Demonstration of Line Transect Methodologies to Estimate Urban Gray Squirrel Density. Environmental Management (21)S.943-947
- Heisler,C. (1978): Untersuchungen zur Populationsökologie und zur sozialen Organisation von Kleinsäugetern. Diss. Univ. Braunschweig S.125
- Henze,O. (1977): Haselmaus (*Muscardinus avellanarius* L.)als vermeintlicher Urheber von Stammringelungen bei der Weißtanne (*Abies alba*). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz,Umweltsch. (50)S.51-55
- Heske,E.J. (1990): Why spacing behaviour does not stabilize density in cyclic populations of microtine rodents. Oecologia (83)1,S.91-98

- Heß,D. (1972): Pflanzenphysiologie. UTB Eugen Ulmer,Stuttgart. 373pp
- Hestbeck,J.B. (1988): Population regulation of cyclic mammals: a model of the social fence hypothesis. *Oikos* (52)S.156-168
- Hjältén,J.; K.Danell; L.Ericson (1996): Food selection by two vole species in relation to plant growth strategies and plant chemistry. *Oikos* (76)S.181-190
- Hjältén,J.; Palo,T.; Callaghan,T.V. et al. (1990): Selection of deciduous trees by free ranging voles and hares in relation to plant chemistry. *Oikos* (3)S.477-484
- Hörnfeldt,B. (1975): A surveillance system for small mammal fluctuations. *Ecological Bulletins* (19)S.283-285
- Holišova,V.(1968): Marking small mammals by means of coloured admixtures to bait. *Mammal Newsletters* (2)S.36-40
- Holišova,V.; R.Obrtel (1979): The food eaten by *Clethrionomys glareolus* in a spruce monoculture. *Folia Zool.*(28)S.219-230
- Horn,H.S. (1983): Some theories about dispersal. in: I.R.Swingland & P.J.Greenwood (Eds): *The ecology of animal movement.* Claredon, Oxford S.55-62
- Hovland,N.; H.P.Andreassen (1995): Fluorescent powder as dye in bait for studying foraging areas in small mammals. *Acta theriol.*(40)S.315-320
- Janion,S.M.; T.Wierzbowska (1969): Estimation of the number of rodents according to the probability of captures and the time of residency. in: *Small mammals: their productivity and population dynamics.*Hrsg.v.: F.B.Golley,K.Petrusewicz und L.Ryszkowski. *International Biological Programme 5.* S.71-74
- Janzen,D.H. (1971): Seed predation by animals. *Annual Rev.Ecol.& Syst.* Vol.2 S.465-492
- Janzen,D.H. (1979): *New Horizons in the Biology of Plant Defenses.* in: G.A. Rosenthal & H.D.Janzen(Eds.): *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites.* Acad.Press, New York S.331-350
- Jedrzejewski,W.; B.Jedrzejewska; E.McNeish (1992): Hunting success of the weasel *Mustela nivalis* and escape tactics of forest rodents in Bialowieza National Park. *Acta theriol.* (37)S.319-328
- Jedrzejewski,W.; L.Rychlik; B.Jedrzejewska (1993): Responses of bank voles to odours of seven species of predators: experimental data and their relevance to natural predator-vole relationships. *Oikos* (68)S.251-257

- Jedrzejewski,W.; B.Jedrzejewska (1996): Rodent cycles in relation to biomass and productivity of ground vegetation and predation in the Palaearctic. *Acta theriol.*(41)S.1-34
- Jensen,T.S. (1975): Trappability of various functional groups of the forest rodents *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis*, and its applications in density estimations. *Oikos* (26)S.196-204
- Jonsson,P.; Koskela,E.; Mappes,T. (2000): Does risk of predation by mammalian predators affect the spacing behavior of rodents? Two large-scale experiments. *Oecologia* (122) S.487-492
- Kakac,B.; Vejdelek,Z. (1974): Handbuch der photometrischen Analytik organischer Verbindungen, Band II. Verlag Chemie, Weinheim
- Kalihowska,A.(1971): Trapping of *Apodemus flavicollis* and *Clethrionomys glareolus* into a double trap. *Acta theriol.* (16)S.73-78
- Kanazawa,Y.; Nishikata,S. (1976): Disappearance of acorns from the floor in *Quercus cripula* forests. *Journal of the Japanese Forestry Society* (58)S.55-56
- Kanervo,V.; A.Mylymäki (1970): Problems Caused by the Field Vole, *Microtus agrestis* (L.) in Scandinavia. *EPPO Public.Ser.A* (58)S.11-26
- Kapischke,H.-J. (1989): Die Habitate der Erdmaus (*Microtus agrestis*) auf dem Territorium der DDR (Mammalia, Rodentia, Arvicolidae). *Zool.Abh.Staatl.Mus.Tierkde.Dresden* (45)S.75-80
- Kapusta,J.; Marchlewska-Koj,A. (1998): Interfemale aggression in adult bank voles (*Clethrionomys glareolus*). *Aggressive Behav.* (1)S.53-61
- Karlsson,A.F. (1986): Social structure in a population of the bank vole, *Clethrionomys glareolus*. *Acta Univ. Upsalensis* (61)S.1-21
- Kausch,W. (1968): Neuere Untersuchungen zur Frage: Wie unterscheiden sich Sonnen- und Schattenblätter der Blutbuche. *Umschau, Frankfurt/M.S.* 373-374
- Kenagy,G.J.; D.F.Hoyt (1980): Reingestion of feces in rodents and its daily rhythmicity. *Oecologia* (44)S.403-409
- Kerley,G.I.H. (1991): What do mice select for in seeds. *Oecologia* (86)2,S.261-267
- Kikkawa,J. (1964): Movement, activity, and distribution of the small rodents *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus sylvaticus* in woodland. *J.Anim.Ecol.* (2)S.259-299

- King,C.M. (1985): Interactions between woodland rodents and their predators.  
Symp.zool.Soc.Lond. (55)S.219-247
- Klemm,M. (1960): Beitrag zur Prognose des Auftretens der großen Wühlmaus  
(*Arvicola terestris*) in Deutschland. Z.ang.Zool. (47)S.129-158
- Klenke,R. (1991): Ein Blick in die Zukunft: Mark-Recapture Experimente zur  
Schätzung der Abundanz und Überlebensraten in Kleinsäugerpopulationen.  
Wiss.Beitr.Univ.Halle (1990/34)S.9-14
- Knecht,R.; Chang,J.Y. (1986): Liquid chromatographic determination of amino acids  
after gas-liquid chromatography and derivatization with (dimethylamino)-  
azobenzenesulfonamide. Analyt.Chem. S.2375-2379
- Koenders,J.W. (1974): Damage by small rodents. Populier (11)S.38-39
- König,B. (1997): Cooperative Care of Young in Mammals.  
Naturwissenschaften (84)S.95-104
- Korhonen,K.-M.; T.Teivainen; A.Kaikusalo; A.Kananen; E.Kuhlman (1983):  
Occurrence of damage caused by the root vole (*Microtus oeconomus*) on  
Scots pine in northern Finland after the peak year 1978. Folia Forestalia  
(572)S.1-18
- Korn,H. (1993): Detecting Small Mammal Movements across Roads with the Aid of  
Coloured Bait. Z.ang.Zool. (79)S.370-376
- Korpimäki,E.; K.Norrdahl; T.Rinta-Jaskari (1991): Responses of stoats and least  
weasels to fluctuating food abundances: is the low phase of the vole cycle  
due to mustelid predation?. Oecologia (88)S.552-561
- Koskela,E.; Mappes,T.; Ylönen,H. (1997): Territorial behaviour and reproductive  
success of bank vole *Clethrionomys glareolus* females. J.Anim.Ecol. S.341-  
349
- Krebs,C.J.; B.L.Keller; R.H.Tamarin (1969): *Microtus* population biology:  
demographic changes in fluctuating populations of *M. ochrogaster* in  
Indiana. Ecology (50)S.587-607
- Krebs,C.J.; M.S.Gaines; B.L.Keller; J.H.Myers; R.H.Tamarin (1973): Population Cycles  
in Small Rodents. Science (179)S.35-41
- Krebs,C.J.; J.H.Myers (1974): Population Cycles in Small Mammals.  
Adv.Ecol.Res. (8)S.267-399
- Krebs,C.J.; R.Boonstra (1984): Trappability estimates for mark-recapture data.  
Can.J.Zool. (62)S.2440-2444

- Krebs,C.J. (1992): The role of dispersal in cyclic rodent populations.  
in: N.C.Stenseth, W.Z.Lidicker (Eds.): Animal dispersal: small mammals as model. Chapman & Hall, London, S. 160-175
- Kruczek,M. (1998): Female bank vole (*Clethrionomys glareolus*) recognition: Preference for the stud male. Behav. Processes (2)S.229-237
- Krüger,F. (1996): Steckhölzer für die Abundanz- und Schadprognose oberirdisch fressender Kurzschwanzmäuse (*Microtinae*) - eine Alternative zum Fallenfang. Anz.Schädlingskde.Pflanzensch. Umweltsch. (69)S.130-135
- Küthe,K.; K.Krämer (1960): Schäden durch Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus* Schreb.) und Erdmaus (*Microtus agrestis* L.)im Forst. Anz.Schädlingskde. (33)S.209-210
- Kulicke,H. (1956): Untersuchung über Verbreitung,Auftreten, Biologie und Populationsentwicklung der Erdmaus (*Microtus agrestis* L.) in den Jahren 1952-1955. Arch.f.Forstwesen (5)S.820-835
- Kunicki-Goldfinger, W; Kunicka-Goldfinger, W.(1962): [Intestinal microflora of wild animals - *Sorex araneus* and *Clethrionomys glareolus glareolus* Schreb. I-III] Polnisch mit engl. Zusammenfassung. Acta microbiol.pol. (11)S.43-110
- Lachat Feller,N. (1993): Régime alimentaire de la fouine (*Martes foina*) durant un cycle de pullulation du campagnol terrestre (*Arvicola terrestris scherman*) dans le Jura suisse [Nahrungsspektrum beim Steinmarder während einer zyklischen Vermehrung im Schweizer Jura]. Z.Säugetierkd. (58)S.275-280
- Laine,K.; H.Henttonen (1987): Phenolics/nitrogen ratios in the blueberry *Vaccinium myrtillus* in relation to temperature and microtine density in Finnish Lapland.. Oikos (50)S.389-395
- Laine, K. (1988): Long term variations in plant quality and quantity in relation to cyclic microtine rodents at Kilpisjärvi, Finnish Lapland. Acta Univ.Oulu A(198)S.4-33
- Larsson,T.-B. (1973): Damage by small rodents in Swedish forest plantations 1900-1970. Rapp.Upps.Inst.Skogszool. (14)S.1-26
- Larsson,T.B. (1975a): Damage caused by small rodents in Sweden. Ecological Bulletins (19)S.47-55
- Larsson,T.-B. (1975b): Damage to forest seedlings caused by the voles *Microtus agrestis* and *Clethrionomys glareolus* under laboratory conditions. Rapp.Upps.Inst.Skogszool. (21)S.1-36

- Laville,E. (1989): Functional analysis of burrowing in *Arvicola terrestris scherman*.  
*Mammalia* (53)S.177-190
- Leaver,L.; Daly,M. (2001): Food caching and differential cache pilferage: a field study  
of coexistence of sympatric kangaroo rats and pocket mice. *Oecologia*  
S.15pp
- Lee,W.B.; Houston,D.C. (1994): Digestive efficiency and gut adaptation in voles.  
*J.of Zoology* , London (4)
- Leibundgut,H. (1990): Stoffgehalte der Rinde von Lärchenästen.  
*Schweiz.Zeitsch.f.Forstw.* (5)S.389-394
- Lidicker,W.Z. (1985): Dispersal. in: *Social systems and population cycles in voles*.  
Ed.By R.H.Tamarin,R.Ostfeld,S.Pugh,and G.Bujalska. S.420-454
- Lidicker,W.Z.Jr.; N.C.Stenseth (1992): To disperse or not to disperse: who does it and  
why?. in: N.C.Stenseth, W.Z.Lidicker (Eds.): *Animal dispersal: small  
mammals as model*. Chapman & Hall, London,S.21-36
- Lightfoot,V.M.A.; S.J Wallis (1982): Predation of small mammals inside Longworth  
traps by weasels. *J.Zool.* (198) S.521
- Lindroth,R.L.; G.O.Batzli (1984): Plant phenolics as chemical defenses: Effects of  
natural phenolics on survival and growth of prairie voles (*Microtus  
ochrogaster*). *J.Chem.Ecol.* (10)S.229-244
- Lindroth,R.L.; G.O.Batzli, G.R.Guntenspergen (1984): Artificial diets for use in  
nutritional studies with microtine rodents. *J.Mammal.*(65)S.139-143
- Lindroth,R.L. (1988): Adaptations of Mammalian Herbivores to Plant Chemical  
Defenses. S.415-445
- Lockwood III, J.R. (1998): On the statistical analysis of multiple-choice feeding  
preference experiments. *Oecologia* (116)S.475-481
- Longland,W.S.; C.Clements (1995): Use of fluorescent pigments in studies of seed  
caching by rodents. *J.Mammal.*(76)S.1260-1266
- Lüpke,B.v. (1982): Versuche zur Einbringung von Lärche und Eiche in  
Buchenbestände. *Schr.Forst.Fak. Uni. Göttingen u.d.NFVA* 74,  
J.D. Sauerländers Verlag, Frankf/M. 123pp
- Lüpke,B.v. (1987): Einflüsse von Altholzüberschirmung und Bodenvegetation auf  
das Wachstum junger Eichen und Buchen. *Forstarchiv* (58)S.18-24

- Lüscher, Felix (1990): Untersuchungen zur Höhenentwicklung der Fichtennaturverjüngung im inneralpinen Gebirgswald. Professur für Waldbau  
Diss. ETH 8879, Zürich 83pp + Anhänge
- Luk'yanov, O.A.; L.E. Luk'yanova (1996): Migrational Activity of the Bank Vole (*Clethrionomys glareolus* Schreber 1780) in Pessimum and Optimum Habitats. *Russ.J.Ecol.* (27)S. 206-208
- Lunderstädt, J. (1981a): Methodische Überlegungen zur Bestimmung der Nahrung als Abundanzfaktor für phytophage Insekten am Beispiel der Wechselwirkung zwischen Fichte und *Gilpinia hercyniae* (Hym., Diprionidae). *Z.ang.Ent.* S.316-319
- Lunderstädt, J. (1981b): Ernährungsphysiologische Gesichtspunkte für die Systembindung von forstlich wichtigen Phytophagen. *Z.Ang.Ent.* S.510-520
- Lunderstädt, J. (1987): Zur Steuerung der Populationsdichte von phytophagen Insekten durch ihre Wirtspflanze. 4. Der Ablauf der Wechselwirkungen zwischen Pflanze und Insekt. *J.Appl.Ent.* S.29-46
- Lunderstädt, J. (1988): Resistance of Plants at the population level to attack by phytophagous insects. In: Mattson, W.J., Levieux, J., Bernard-Dagan, C. (Eds.): *Mechanism of woody plant defence against insects.* Springer, New York, Berlin, S.131-137
- Lunderstädt, J. (1992): Stand der Ursachenforschung zum Buchensterben. *Forstarchiv* (63)S.21-24
- Lunderstädt, J.; Hoppe, I.M. (1975): Zur Nahrungsqualität von Fichtennadeln für forstliche Schadinsekten. 6. Nährstoffausnutzung durch Larven von *Gilpinia hercyniae* HTG. (Hym., Diprionidae) bei Verfütterung von Nadeln von Fichte (*Picea abies* KARST.) unter Standardbedingungen. *Z.Angew.Ent.* (79)S. 177-193
- Lunderstädt, J.; Borgel, H. (1994): Proteinzusammensetzung der Buchen- (*Fagus sylvatica*) Rinde nach Befall durch die Buchenwollschilddlaus (*Cryptococcus fagisuga* LIND.). *A.F.J.Z.* (165)8, S.137-143
- Lunderstädt, J. (1997): Induced resistance against insects in European forest ecosystems. *Physiology and Genetics of Tree-Phytophage Interactions*, Gujan (France) August 31-September 5, Les Colloques, INRA, Paris S.363-368
- Mackin-Rogalska, R. (1979): Elements of the spatial organisation of a common vole population. *Acta Theriol.* (14)S.171
- Magnussen, S. (1981): Untersuchungen über den Kohlenhydratgehalt unterschiedlich beschatteter Küstentannen. *Flora* (171)S.453-465



- Mappes,T.; Ylönen,H.; Viitala,J. (1995): Higher reproductive success among kin groups of bank voles (*Clethrionomys glareolus*). *Ecology* (4)S.276-1282
- Matson,W.J. (1980): Herbivory in relation to nitrogen plant content. *Ann.Rev.Ecol.Syst.* (11)S.119
- McBee,R.H. (1970): Metabolic contributions of the caecal flora. *Amer.J.Clin.Nutr.* (23)S.1514-1518
- McBee,R.H. (1975): Significance of intestinal microflora in herbivory. *Ann.Rev.Ecol.Syst.* 2,S.165-176
- McGuire,B.; T.Pizzuto; L.L.Getz (1990): Patterns of visitation in Prairie Voles, *Microtus ochrogaster*, reveal a role for males in population regulation. in: *Social systems and population cycles in voles*. Ed. By R.H.Tamarin, R.Ostfeld,S.Pugh,and G.Bujalska. S. 89-100
- McGuire,B.; Getz,L.L. (1998): The nature and frequency of social interactions among free living prairie voles (*Microtus ochrogaster*). *Behav.Ecol.Sociobiol.* (43)S.271-279
- McKey,D. (1979): The Distribution of Secondary Compounds within Plants. in: G. A. Rosenthal & H. D. Janzen (Hrsg.): *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites*. Academic Press, New York. S. 55-133
- McShea,W.J. (1989): Reproductive synchrony and home range size in a territorial microtine. *Oikos* (56)S.182-186
- McShea,W.J. (1990): Predation and its potential impact on the behaviour on microtine rodents. in: *Social systems and population cycles in voles*. Ed.by R.H.Tamarin, R.Ostfeld, S.Pugh, and G.Bujalska. S.101-110
- Meggs,R.A.; D.B.Lindenmayer; T.Linga; B.J.Morris (1991): An Improved Design for Trap Brackets used for Trapping Small Mammals in Trees. *Wildl.Res.* (18)S.589-591
- Meylan,A. (1976): Le Campagnol terrestre, (*Arvicola terrestris* L.): Biologie de la forme fouisseuse et méthodes de lutte. *Protection des cultures et des denrées contre les vertébrés*, FNGPC, Paris S.81-96
- Meylan,A. (1977): Fossorial forms of the water vole, *Arvicola terrestris* (L.) in Europe. *EPPO Bull.* (7)S.209-221
- Mills,J.N.; T.L.Yates; J.E.Childs; R.R.Parmenter; T.G. Ksiazek; P.E.Rollin; C.J.Peters (1995): Guidelines for working with rodents potentially infected with Hantavirus. *J.Mammal.* (76)S.716-722

- Mohr,E. (1929): Rötelmäuse in Gefangenschaft. Z.Säugetierk. (4)S.49-53
- Mohr,E. (1954): Die freilebenden Nagetiere Deutschlands und der Nachbarländer. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
- Mohr,L.O.; W.A.Stumpf (1966): Comparison of methods for calculating areas of animal activity. J.Wild.Mgmt. (30)S.239-304
- Mole,S.; P.G.Waterman (1987): Tannins as Antifeedants to Mammalian Herbivores - Still an Open Question?. ACS Sympos.Ser. (330)S.573-587
- Montgomery,W.I. (1980): Mortality of small rodents captured in live-traps. Acta Theriol. (25)S.277-294
- Moon,A.M.; Dyer,M.I.; Brown,M.R.; Crossley,D.A.jr. (1994): Epidermal growth factor interacts with indole-3-acetic acid and promotes coleoptile growth. Plant & Cell Physiol. (35)S.1173-1177
- Moraal,L.G. (1993): Prevention of vole damage on trees. IBN Research Report (93/7)S.1-15
- Moraal,L.G.; Goedhart,P.W. (1997): Differences in palatability of *Fraxinus excelsior* L., for the vole, *Microtus arvalis*, and the scale *Pseudochermes fraxini* L.. Physiology and Genetics of Tree-Phytophage Interactions, Gujan (France) August 31 - September 5, Les Colloques, INRA,Paris S.111-120
- Müller-Kroehling,St. (2000): Empfehlung Nr.6 - Mäuse auf Kahlflächen; Ohne Gras nichts los!. LWF-Aktuell 23, 3pp
- Myllymäki,A. (1969): Productivity of a free-living population of the field vole, *Microtus agrestis* (L.). in: Energy flow through small mammal populations. Petruszewicz,K.& L.Ryszkowski (Hrsg.), Polish Scientific Publishers, Warschau. S. 255-265
- Myllymäki,A. (1970): Population Ecology and its Application to the Control of the Field Vole, *Microtus agrestis*(L.). EPPO Public.Ser. A (58)S.27-48
- Myllymäki,A.; A.Paasikallio; E.Pankakoski; V.Kanervo (1971): Removal experiments on small quadrats as a means of rapid assessment of the abundance of small mammals. Ann.Zool.Fennici (8)S.177-185
- Myllymäki,A. (1975a): Rodent surveillance and the prediction of rodent outbreak. Ecological Bulletins (19)S.275-282
- Myllymäki,A. (1975b): Experimental application of the small quadrat method (SOM) to the surveillance of changes in populations of small mammals. EPPO Publ. Ser. C (37)S.32

- Myllymäki,A. (1977): Intraspecific competition and home range dynamics in the field vole *Microtus agrestis*. *Oikos* (29)S.553-569
- Myllymäki,A.; L.Hansson; E.Christiansen (1985): Models for forecasting population trends in two species of microtine rodent, *Microtus agrestis* and *Clethrionomys glareolus*. *Acta Zool.Fenn.* (173)S.93-101
- Naumov,N.P. (1975): The role of rodents in ecosystems of the northern deserts of Eurasia. in: *Small mammals:their productivity and population dynamics*. Hrsg.v.: F.B.Golley,K.Petrusewicz und L.Ryszkowski. *International Biological Programme 5*. S.299-310
- Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, (1992): Programm zur langfristigen ökologischen Waldentwicklung in den Landesforsten (LÖWE), 2. Aufl., Hannover
- Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Waldschutz (1996): Maßnahmen zur Verminderung von Schäden durch Mäuse in forstlichen Verjüngungen. Merkblatt 4pp
- Niemeyer,H; U.Schmidt; F.Krüger (1995): Tierschutz- und Artenschutzaspekte beim Mäuseprobefang mit Schlagfallen. *Forst und Holz* (49)S.595-597
- Niemeyer,H.(1975): Forstschädlinge in Niedersachsen1974. *Forst u.Holz* (30)S.143-156
- Niemeyer,H. (1979): Beobachtungen zum Massenwechsel von Erdmaus (*Microtus agrestis*) und Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) und zu Möglichkeiten einer Prognose. *Mitt.BBA* (191)S.233
- Niemeyer,H. (1982): Waldschutz in Niedersachsen im Forstwirtschaftsjahr 1980. *Der Forst- und Holzwirt* (37)S.89-93
- Niemeyer,H.; G.Watzek (1992): Die Unzuverlässigkeit der Erdmaus-Prognose erfordert neues Bekämpfungskonzept. *Forst und Holz* (47)S.198-199
- Niemeyer,H. (1993a): Neue Konzeptionen zur Bekämpfung der Erdmaus (*Microtus agrestis*) in forstlichen Verjüngungen Norddeutschlands. *Anz.Schädlingskunde,Pflanzenschutz,Umweltschutz* (66)S.41-46
- Niemeyer,H. (1993b): Ist die Mäusebekämpfung sinnlos? *Forst und Holz* (48)S.584-586
- Niemeyer,H.; Paul,H.; Krüger,F. (1997): Totalschaden durch Erdmäuse (*Microtus agrestis*). *Forst und Holz* (52)S.633-634
- Niemeyer,H.; Krüger,F. et.al. (1995): Richtlinie für die Prüfung von Mitteln gegen Nagetiere im Forst. *Biolog.Bundesanst.f.Land- u. Forstwirtsch. Richtlinien*

für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln im Zulassungsverfahren, Teil II  
(Nr. 18-31) Braunschweig

Niethammer,J.; Krapp,F. (1978): Handbuch der Säugetiere Europas.(1) S. 201-358

Obrtel,R.; Holišova ,V.(1978): Variation in the trophic niche of *Clethrionomys glareolus* in two different habitats. *Folia Zool.* (27)S.193-202

Obrtel,R.; Zejda,J; Holišova,V. (1978): Impact of Small rodent predation on an overcrowded population of *Diprion pini* during winter. *Folia Zool.* (27)2,S.97-110

Olsen,R.W. (1975): Length of trapping period in population studies. *J.Mammal.* (56) S.696-697

Ostfeld,R.S. (1985): Limiting resources and territoriality in microtine rodents. *Am.Nat.* (126)S.1-15

Ott,B.; Winter,J. (2000): Hier kam die Maus... *AFZ/Der Wald* 10,S.530-533

Ovington,J.D.; McRae,C. (1960): The growth of seedlings of *Quercus petraea*. *J.of Ecol.* (48)S.549-555

Owadowska,E. (1999): The range of olfactory familiarity between individuals in a population of bank voles. *Acta Theriol.* (2)S.133-150

Palissa,A. (1991): Zur Ethökologie der Rötelmaus *Clethrionomys glareolus* (Schreber 1780). *Wiss.Beitr.Univ.Halle* (1990/34 P42)S.123-144

Palo,R.T. (1984): Distribution of Birch (*Betula pendula*), willow (*Salix* spp.) and poplar (*Populus* spp.) secondary metabolites and their potential role as chemical defense against herbivores. *J.Chem.Ecol.* (10)S.499-520

Palo,R.T. (1987a): Phenols as Defesive Compounds in Birch (*Betula pendula*). Implications for Digestion and Metabolism in Browsing Mammals. *Diss. Univ. Uppsala* 31pp

Palo,R.T.(1987b): Chemical defense in a woody plant and the role of digestive systems of herbivores. *USDA For. Ser. Inter.Res.Sta. Gen.Tech.Rep.*(INT-222)S.103-107

Patric,E.F. (1970): Bait preference in small mammals. *J.Mamm.*(51)S.179-182

Pelikan,J. (1969): Testing and elimination of the edge effect in trapping small mammals. in: *Energy flow through small mammal populations.* in: *Petrusewicz,K.& L.Ryzkowski* (Hrsg.), Polish scientific Publishers, Warschau. S. 57-62

- Pelikan,J.;J.Zejda;V.Holišova (1971): Catch Curve and Analysis of the Catch of *Arvicola terrestris* on Trap Lines. *Zool.Listy* (20)S.215-228
- Pelz,H.-J. (1995): 2<sup>nd</sup> European congress of Mammalogy, 27. März bis 1. April 1995, Southampton/Großbritannien. *Nachrichtenbl. Deut. PflSchD.* (47)S.267-268
- Peterjohn,W.T.; Patterson,J.L.; Barrett,G.W.; Farrell, M.P. (1981): Comparative accuracy of population estimators for enclosed small mammal populations. *Acta theriol.* (26)S.459-468
- Peters,T. (1992): Phospholipase A<sub>2</sub> and Epidermal Growth factor: An NMR study of protein conformations. *Proefschr.Univ.Utrecht*
- Pietsch,M. (1978): Vierjährige Untersuchungen zur Populationsdynamik und Aktionsraumgröße bei Waldmaus (*Apodemus sylvaticus* L.), Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus* Schreb.) und Erdmaus (*Microtus agrestis* L.) auf einer Koniferen-Aufforstungsfläche im westlichen Ruhrgebiet. *Z.ang.Zool.* (65)S.461-475
- Pietschmann,M. (1992): Analyse flüchtiger Inhaltsstoffe von Pflanzen mit insektiziden, repellenten, attraktiven oder fraßhemmenden Eigenschaften. *Diss.Univ.Erlangen* 277pp
- Powell,R.A. (1972): A comparison of boreal red-backed vole (*Clethrionomys gapperi*) in tornado blowdown and standing forest. *Canad.Field-Naturalist* (4)S.377-379
- Pucek,Z.; J.Olszewski (1971): Result of extended catches of rodents. *Ann.Zool.Fenn.* (8)S.37-44
- Pusenius,J.; Viitala,J. (1993): Varying spacing behaviour of breeding field voles, *Microtus agrestis*. *Ann.Zool.Fenn.* (30)S.143-152
- Pusenius,J.; Ylönen,H. (1994): The effect of confinement on demography and spacing behaviour in the bank vole *Clethrionomys glareolus*. *Annal.Zool.Fennici* (3)S.335-341
- Putman,R.J. (1989): Introduction: Mammals as Pests. in: R.J.Putman (Ed.): *Mammals as Pests.* Chapman & Hall, London S.1-20
- Pyare,S.; Longland,W.S. (2000): Seedling-aided cache detection by heteromyid rodents. *Oecologia* (122)S.66-71
- Radvanyi,A.(1974a): Survey and control of small mammal populations on two hardwood plantations in southern Ontario. *Forestry Chronicle* (50)S.181-185
- Radvanyi,A. (1974b): Small mammal census and control on a hardwood plantation. *Proc.Vertebr.Pest Conf.* (6)S.9-19

- Radvanyi,A. (1975): Harmful effects of small mammal populations on a tree plantation in southern Ontario. *Can.Field Naturalist* (89)S.53-57
- Radwan,M.A.; G.L.Crouch; C.A.Harrington; W.D.Ellis (1982): Terpenes of Ponderosa Pine and feeding preferences by pocket gophers. *J.Chem.Ecol.* (8)S.241
- Reh,W. (1997): Erstaufforstung und Flächennutzungsplanung in Rheinland-Pfalz. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* (49)S. 77-84
- Reichardt,P.B.; T.P.Clausen; J.P.Bryant (1987): Plant secondary metabolites as feeding deterrents to vertebrate herbivores. *USDA For.Ser.Intermtn.Res.Sta.Gen.Tech.Rep. (INT-222)* S.37-42
- Reichardt,P.B.; T.P.Clausen; J.P.Bryant (1988): Phenol Glycoxides in Plant Defense Against Herbivores. *ACS Sympos.Series* (380)S.130-142
- Reichstein,H. (1958): Populationsstudien an Erdmäusen *Microtus agrestis* L. (Markierungsversuche). *Zool Jb.Sys.* (86)S.367-382
- Reif,A. (1997): Sukzession statt Erstaufforstung - eine Alternative?. *Schriftenr.f.Landschaftspflege u. Naturschutz* (49)S.157-166
- Richter,G. (1976): *Stoffwechselphysiologie der Pflanzen.* Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Röhrig,E. (1967): Wachstum junger Laubholzpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. *AFJZ* (138)S.224-239
- Rohde,M. (1994): Untersuchungen zu den physiologischen Grundlagen der Disposition, Abwehrreaktion und Resistenz im System Lärche (*Larix ssp.*)-Lärchenborkenkäfer (*Ips cembrae* Heer) außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets des Wirts. *Diss. Forstl.Fak.Univ. Göttingen* 176pp
- Rose,R.K.; E.C.Birney (1985): Community Ecology. in: *Biology of New World Microtus.* Ed. by R.H.Tamarin. Special Publication No. 8, The Amer.Soc. Mammalogists S.310-339
- Rousi,A.; J.Häggman (1984): Relationship between the total phenol content of Scots pines and browsing by the arctic hare. *Silvae Gen.* 33)S.95
- Rousi,M. (1983): Vole damage in tree species trials in northern Finland in the winter of 1981/82. *Folia Forestalia* (569)S.1-10
- Rousi,M. (1989): Susceptibility of Winter-dormant *Pinus sylvestris* Families to vole Damage. *Scand.J.For.Res.* (4)S.149-161
- Roussel,L. (1972): *Photologie forestière.* Masson et Cie.,Paris, 144pp

- Roy,J.; J.M.Bergeron (1990a): Branch-cutting behavior by the vole (*Microtus pennsylvanicus*). A mechanism to decrease Toxicity of secondary Metabolites in Coniferes. *J.Chem.Ecol.* (16)S.735-741
- Roy,J.; J.M.Bergeron (1990b): Role of phenolics of coniferous trees as deterrents against debarking behavior of meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*). *J.Chem.Ecol.* (16)S.801-808
- Royer,P. (1997): Mise au point d' une méthode d' échantillonnage indiciaire des petits rongeurs forestiers de surface. *Les Cahiers du Département de la Santé des Forêts* (1)S.84-85
- Royer,Ph.; C.Ducourtieux (1997a): Le petits rongeurs forestiers (Mulot à collier, campagnol roussâtre et campagnol agreste): leur échantillonnage indiciaire basé sur le grignotage. Première partie: Analyse quantitative et qualitative du grignotage de grands bâtons salés en cages d' élevage. Deuxième partie: Une méthode très simple de détection du niveau du peuplement en petits rongeurs forestiers: premiers tests en cages d' élevage et in natura. *Compte rendu d' études E.N.E.S.A.D. (= Etablissement National d' Enseignement Supérieur Agronomique de Dijon)* S. 1-32
- Royer,Ph.; C.Ducourtieux (1997b): Mise au point d' une méthode d' échantillonnage indiciaire des populations de petits rongeurs forestiers (*Apodemus flavicollis* et *sylvaticus*, *Clethrionomys glareolus*, *Microtus agrestis*). *ANPP 4e Conf.Int. "Les ravageurs en agriculture"*, Montpellier. S. 971-980
- Rozenfeld,F.M.; A.Denoel (1994): Chemical signals involved in spacing behavior of breeding female bank voles (*Clethrionomys glareolus* Schreber 1780, *Microtidae*, *Rodentia*). *J.Chem.Ecol.* (20)S.803-813
- Ryan,C.A. (1979): Proteinase Inhibitors. in: G. A. Rosenthal & H. D. Janzen (Hrsg.): *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites*. Academic Press, New York. S.599-618
- Ryszkowski,L.; R.Andrzejewski; K.Petrusewicz (1966): Comparison of Estimates of Numbers Obtained by the Methods of Release of Marked Individuals and Complete Removal of Rodents. *Acta theriol.* (11)S.329-341
- Ryszkowski,L. (1975): The ecosystem role of small mammals. *Ecological Bulletins* (19)S.139-145
- Salvioni,M.; W.Z.Lidicker (1995): Social organization and space use in California voles: seasonal, sexual, and age-specific strategies. *Oecologia* (101)S.426-438
- Saucy,F. (1987): Observation de campagnol terrestre de la forme fouisseuse (*Arvicola terrestris scherman* (Shaw)) prelevant leur nourriture a la surface du sol. *Mammalia* (51)S.625-629

- Saucy,F. (1988a): Dynamique de population, dispersion et organisation sociale de la forme fouisseuse du campagnol terrestre, (*Arvicola terrestris sherman SHAW*), Mammalia, Rodentia. Diss.,Univ.Neuchatel 366pp
- Saucy,F. (1988b): Population cycles of *Arvicola terrestris scherman* in western Switzerland described using time series analysis. EPPO-Bulletin (18)S.401-413
- Sayer,M. (1989): Zur Nahrungsbiologie der Kleinsäuger im Kalkbuchenwald (Zur Funktion der Fauna in einem Mullbuchenwald 16). Verh.Ges.Ökologie (Göttingen 1987)(XVII)S.307-313
- Scherzinger,W. (1995): Der große Sturm, wie meistern Tiere diese "Katastrophe"?. Nationalpark Bayerischer Wald Ber.ü.d.wiss.Beobacht.d.Waldentw. Neuschönau S.146-190
- Schindler,U. (1953a): Die Erdmaus (*Microtus agrestis* L.), ein gefährlicher Forstschädling. Der Praktische Desinfektor (45)S.174-177
- Schindler,U. (1953b): Zum Massenaufreten der Erdmaus (*Microtus agrestis* L.) in Forstkulturen. Forst- u. Holzwirt (8)S.62-64
- Schindler,U. (1954): Mäuseschäden und Mäusebekämpfung in Niedersachsen während der Erdmausmassenvermehrung 1951-1953. Forstwiss. Cbl. (73)S.240-251
- Schindler,U. (1959a): Zur Erdmaus-Prognose. Anz.Schädlingskde. (32)S.101-106
- Schindler,U. (1959b): Mäuse-Prognose 1959. Forst- und Holzwirt(14)S.421-422
- Schindler,U. (1960): Auftreten und Bekämpfung der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus* Schreb.) im Dürrejahr 1959 in Nordwestdeutschland. Z.ang.Zool. (47)S.431-447
- Schindler,U. (1962): Forstlich wichtige Kleinsäuger - Merkmale und Feststellung ihrer Besatzdichte. Forstschutz-Merkblätter der NFV, Abt.B (Nr.12)15pp
- Schindler,U. (1963): Rötelmausfraß an Kiefernknospen. Allg.Forstz.(18)S.359-360
- Schindler,U. (1970): Assessment of the effectiveness of methods to control *Microtus agrestis* L. and *Clethrionomys glareolus* Schreb. in newly reforested areas using live capture techniques. EPPO Public.Ser.A (58)S.55-60
- Schmidt,U. (1994): Untersuchungen zur Prognosetechnik und Möglichkeiten einer rodentizidfreien Bekämpfung forstschädlicher Mäuse. Dipl.Arb.Fachhochsch.Hildesh.-Holzm. 69pp



- Schmidt,W. (1998): Langfristige Sukzession auf brachliegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen. *Naturschutz und Landschaftspflege* (30)S.254-258
- Schmidt,W.C.; R.C.Shearer (1971): Ponderosa Pine seed - for animals or trees?. *USDA For. Serv. Res. Paper, Intermountain Forest & Range Exp.Stat.* (INT-112)S.1-14
- Schneider, M. (1996): Aktuelles zur Mäusebekämpfung. *AFZ* S.315-318
- Schneider, M. (2000): Simulation von Mäusenageschäden an Rotbuchen. *AFZ/Der Wald* 10,S.528-529
- Schopf, R. (1986): Zur Kausalanalyse der Disposition von Nadelbäumen für den Befall durch nadelfressende Insekten am Beispiel *Picea abies*(L) Karst. und *Gilpinia hercyniae* Htg.(Hym., Diprionidae). *Schriftr.Forstl.Fak.Göttingen* (87)
- Schwerdtfeger,F. (1968): Eine integrierte Theorie zur Abundanzdynamik tierischer Populationen. *Oecologia* (1)S.265-295
- Schwerdtfeger,F. (1981): *Waldkrankheiten*. Verlag Paul Parey, Hamburg u. Berlin
- Settele,J.; Feldmann,R.; Henle,K.; Kockelke,K.;P oethke,H.-J. (1998): Populationsgrößenschätzung bei Tieren. *Naturschutz und Landschaftspflege* (30)S.174-181
- Sinclair,A.R.E.; J.N.M.Smith (1984): Do plant secondary compounds determine feeding preferences of snowshoe hares? *Oecologia* (61)S.403-410
- Smirnov,V.S. (1969): Improvement of methods for estimating population size and survival of rodents. in: *Small mammals:their productivity and population dynamics*.Hrsg.v.: F.B.Golley, K.Petrusewicz und L.Ryszkowski. *International Biological Programme* 5. S. 89-98
- Smith,M.H. (1968): A comparison of different methods of capturing and estimating numbers of mice. *J.Mamm.* (49)S.455-462
- Smith,M.H.; J.B.Gentry; F.B.Golley (1969): A preliminary report on the examination of small mammal census methods. in: *Small mammals:their productivity and population dynamics*. Hrsg.v.: B.Golley, K.Petrusewicz u. L.Ryszkowski. *International Biological Programme* 5. S.25-29
- Smith,M.H.; R.W.Blessing (1969): Trap response and food availability. *J.Mamm.* (50)S.368-369
- Smith,M.H.; R.H.Gardner; J.B.Gentry; D.W.Kaufman; M.H.O.Farrell (1975): Density estimations of small mammal populations. *Small mammals: their*

productivity and population dynamics. Hrsg.v.F.B.Golley,K. Petruszewicz und L.Ryszkowski. International Biological Programme 5. S.25-54

Sone,K.; Tojo,H. (1993): Trapping capabilities of two live-traps used on two species field-mice, *Apodemus sylvaticus* and *A. argenteus*. *Appl.Entomol.Zool.* (28)S.537-545

Sperber,I. (1968): Physiological mechanisms in herbivore for retention and utilization of nitrogenous compounds. in: Isotope studies on the nitrogen chain. IAEA,Vienna S.209-219

Sperber,I.; Björnag,G.; Ridderstråle,Y. (1983): Function of proximal colon in lemming and rat. *Swedish J.Agric.Res.* (13)S.243-256

Spitz,F. (1985): Further development of the forecasting model for *Microtus arvalis*. *Acta Zool.Fenn.* (173)S.89-92

Stein,G.H.W.; H.Reichstein (1957): Über ein neues Verfahren zur Bestimmung der Bestandsdichte bei Feldmäusen, *Microtus arvalis* Pallas. *Nachrichtenbl.Deut.Pflanzenschutzd.* (11)S.149-154

Steinwarz,D. (1997): Die "Hengstlerfalle" - eine neue Lebendfalle zum Fang von Kleinsäugetern. *Säugetierkd.Inf.* S. 327-329

Stenseth,N.C.; A.Hagen; E.Ostbye; H.-J.Skar (1974): A method for calculating the size of the trapping area in capture-recapture studies on small rodents. *Norweg.J.Zool.* (22)S.253-271

Stenseth,N.C.; L.Hansson; A.Myllymäki (1977): Food selection of the field vole *Microtus agrestis*. *Oikos* (29)S.511-524

Stenseth,N.C.; L.Hansson (1979): Optimal food selection: A graphic model. *Am.Nat.* (113)S.373-389

Stenseth, N. C. (1983): Causes and consequences of dispersal in small mammals. in: Swingland, J.R. & P.J.Greenwood (Eds.): *The ecology of animal movement.* Clarendon, Oxford, S. 63-101

Stenseth,N.C.;S.Broderup-Nielsen;R.A.Ims (1988): A population dynamics model for *Clethrionomys*: sexual maturation, spacing behaviour and dispersal. *Oikos* (52)S.186-193

Stenseth,N.C. (1988): The social fence hypothesis: a critique. *Oikos* (52)S.169-177

Stoddart,D.M. (1972): The lateral scent organ of *Arvicola terrestris* (Rodentia; Microtinae). *J.Zool.* (166)S.49-54

Stoddart,D.M. (1979): *Ecology of small mammals.* Chapman & Hall, London 386pp

- Stoddart,D.M. (1982): Does trap odour influence estimation of population size of the short-tailed vole, *Microtus agrestis*. *J.Anim.Ecol.* (51)S.375-386
- Stoddart,D.M. (1983): Odor as a component of trap entry behavior in small rodents. in: *Chemical Signals in Vertebrates 3.rd Edition*, by D. Müller-Schwarze and R.M.Silverstein. Plenum Press, S.223-233
- Stoddart,D.M.; Sales,G.D. (1985): The olfactory and acoustic biology of wood mice, yellow-necked mice and bank voles. *Symp.zool.Soc.Lond.* (55)S.117-139
- Stoddart,D.M. (1986): The comparative responses of mice and voles to conspecific and heterospecific odors in the field. in: *Chemical Signals in Vertebrates 4. th Edition*, by D. Duvall, D.Müller-Schwarze and R.M.Silverstein. S.533-540
- Sullivan,T.P.; D.S.Sullivan (1982a): Influence of Fertilization on Feeding Attacks to Lodgepole Pine by Snowshoe Hares and Red Squirrels. *Forestry Chronicle* (58)S.263-266
- Sullivan,T.P.; D.S.Sullivan (1982b): Responses of small-mammal populations to a forest herbicide application in an 20-year-old conifer plantation. *J.Appl.Ecol.*(19)S.95-106
- Sullivan T.P.; D.Sullivan (1982c): The use of alternative foods to reduce lodgepole pine seed predation by small mammals. *J.Appl.Ecol.* (19)S.33-45
- Sullivan,T.P.; D.S.Sullivan (1988): Influence of alternative foods on vole populations and damage in apple orchards. *Wildl.Soc.Bull.* (16)S.170-175
- Swain,T. (1979): Tannins and Lignins. G. A. Rosenthal & H.D.Janzen (Hrsg.): *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites*. Academic Press, New York. S. 657-682
- Swain,T.; Hillis,W.E. (1959): The phenolic constituents of *Prunus domestica*. *J.Sci.* S.479-501
- Swoboda,H.-U. (1978): Präferenzversuche mit verschiedenen Holzarten bei Erd-, Feld- und Rötelmaus. *Dipl.Arb.Forst.Fak.d.L.-M.-Univ. München* 42pp
- Tacon,F.le; H.Oswald; R.Perrin; J.F.Picard; J.P.Vincent (1976): The causes of the failure of Beech natural regeneration after the 1974 mast year. *Revue Forestière Francaise* (28) S.427-446
- Tahvanainen,J.; E.Helle; R.Julkunen-Tiitto; A.Lavula (1985): Phenolic compounds of willow bark as deterrents against feeding by mountain hare. *Oecologia* (65)S.319-323

- Taitt,M.J. (1984): Experimental analysis of spacing behaviour in the vole, *Microtus townsendii*. in: R.M.Sibly & R.H.Smith (Eds.): Behavioural ecology. Blackwell, Oxford, S.313-317
- Tanton,M.T. (1965): Problems of live trapping and population estimation for the woodmouse, *Apodemus sylvaticus*. J.Anim.Ecol. (34)S.1-22
- Tapper,S.C. (1976): Population fluctuations of field voles (*Microtus*): a background to the problems involved in predicting vole plagues. Mammal Review (6)S.93-117
- Tapper,S.C. (1979): The effect of fluctuating vole numbers (*Microtus agrestis*) on a population of weasels (*Mustela nivalis*) on farmland. J.Anim.Ecol.(48)S.603-617
- Teivainen,T. (1979): Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973-76. Folia Forestalia (387)S.1-23
- Teivainen,T.; E.-L.Jukola; A.Kaikusalo; K.Korhonen (1979): Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.),in the years 1973-76 in Finland. Folia Forestalia (388)S.1-28
- Thiel, J. (1998): Verhinderung von Mäuseschäden im Forst. Mitt.d.Landesanst.f.Wald u.Forstw., Thüringen (14)S.5-42
- Thiel,J. (2000a): Untersuchung zur Reaktion junger Buchenpflanzen auf Nageschäden durch Mäuse. Mitt.d.Landesanst.f.Wald u. Forstw., Thüringen 17,S.129-133
- Thiel,J. (2000b): Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Faktoren auf das Ergebnis von Mäuse-Probefängen. Mitt.d.Landesanst.f.Wald u. Forstw.,Thüringen 17,S.135-143
- Titovsek,J. (1972): Damage caused to *Pinus strobus* by voles. Gozdarski Vestnik (30)S.284-291
- Trebra,C.v.; D.P.Lavender; T.P.Sullivan (1998): Relations of small mammal populations to even-aged shelterwood systems in subboreal spruce forest. J.Wildl.Mgmt. (62)S.630-642
- Turcek,F.J. (1957): Über die Zuverlässigkeit des Indexes "Ausbeuten in 100 Fallennächten" bei quantitativen Untersuchungen der Populationen von Kleinsäugetieren. Biologia (12)S.362-373
- Uloth,W. (1961): Zur Rindennahrung der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*). Säugetierk.Mitt. (9)S.70

- Viro,P.; J.Niethammer (1982): *Clethrionomys glareolus* (Schreber 1780) - Rötelmaus. in: J.Niethammer & F.Krapp: Die Säugetiere Europas, Bd.2/I Nagetiere II, Akad,Verl.Ges., Wiesbaden, S.109-146
- Vorontšov,N. (1962) The ways of food specialization and evolution of the alimentary system in Muroidea.  
Publ. House Czech. Acad. Sci., Symposium theriologicum, Praha, S.360-377
- Wagner, S. (1994): Strahlungsschätzung in Wäldern durch hemisphärische Fotos - Methode und Anwendung - . Diss.Univ.Göttingen,  
Ber.d.Forschungszentrums Waldökosysteme, (Reihe A, Bd.123) 166pp
- Waldmann,R. (1999): Einfluß von Bestandesstruktur und waldbaulicher Behandlung auf die Entstehung großflächiger Massenvermehrungen nadelfressender Kieferninsekten am Beispiel der Nonne (*Lymantria monach* L.) in Dauerschadgebieten des niedersächsischen Tieflandes. Ber.d. Forschungszentr.Waldökosyst. Reihe A, Bd 164, 200pp & 55pp Anh.
- Walters,B.B. (1991): Small mammals in a subalpine old-growth forest and clearcuts. Northwest-Science (1)S.27-31
- Warkowska-Dratnal,H.; N.C.Stenseth (1985): Dispersal and the microtine cycle: comparison of two hypotheses. *Oecologia* (65)S.468-477
- Watts,C.H.S. (1968): The foods eaten by wood mice (*Apodemus sylvaticus*) and bank voles (*Clethrionomys glareolus*) in Wytham Woods, Berkshire. *J.Anim.Ecol.* (37)S.25-41
- Wencel M.C.; P.Royer; C.Richter; L.M.Nageleisen; M.Habert (1997): Les Petits rongeurs forestiers de l' Est de la France: - espèces en cause, - Dommages constatés par l' échelon Nord-Est du D.S.F., - première contribution à la mise au point d' une methode indiciaire d' estimation des niveaux de population de rongeurs forestiers de surface.  
Rev. For. Fr. (Manuscript remitted to ~) 18pp
- Wenk,M. (1993a): Mäuse in Mecklenburg-Vorpommern - Zum Auftreten forstschädlicher Mäuse in den Jahren 1987-1991. *Der Wald* (43)7,S.238
- Wenk,M. (1993b): Mäuseregistrierung - das Auftreten forstschädlicher Mäuse in den Jahren 1987-1991 in Brandenburg. *Der Wald* (43)2,S.50
- Wijngaarden,A.van; M.F.M.Bruijns (1961): De hermelijnen, *Mustela erminea* L., van Terschelling. *Lutra* (3)S.35-42
- Williams,D.F.; S.E.Braun (1983): Comparison fo pitfall and conventional traps for trapping small mammal populations. *J.Wildl.Managem.* (47)S.841-845

- Willig, J. (1999): Vergleich der Insektenfauna und physiologischer Kenngrößen von Kiefer und Buche in naturgemäß und konventionell bewirtschafteten Beständen. kritische universität, Focus, Gießen 196pp
- Wittenberg, J. (1981): Die Brutbestandsentwicklung des Mäusebussards (*Buteo buteo*) in einem Vorzugshabitat bei Braunschweig - die Bedeutung natürlicher Faktoren und menschlicher Einflußnahme. Beitr.Naturkde.Nieders. (34)S.194-201
- Woodroffe, G.L.; J.H.Lawton; W.L.Davidson (1990): Patterns in the production of latrines by water voles (*Arvicola terrestris*) and their use as indices of abundance in population surveys. J.Zool.(220)S.439-445
- Xia, X.; R.Boonstra (1992): Measuring temporal variability of population density: a critique. Am.Nat. (140)S.883-892
- Ylönen, H.; J.Viitala (1985): Social organization of an enclosed winter population of the bank vole *Clethrionomys glareolus*. Ann.Zool.Fennici (22)S.353-358
- Ylönen, H.; J.Viitala (1987): Social organization and habitat use of introduced populations of the Vole *Clethrionomys rufocanus* (Sund) in Central Finland. Zeitschr.Säugetierk. (52)S.354-363
- Ylönen, H.; T.Kojola; J.Viitala (1988): Changing female spacing behaviour and demography in an enclosed breeding population of *Clethrionomys glareolus*. Holarctic Ecol. (11)S.286-292
- Ylönen, H. (1988): Diel activity and demography in an enclosed population of the vole *Clethrionomys glareolus* (Schreb.). Ann.Zool.Fennici (25)S.221-228
- Ylönen, H. (1989a): Population stabilizing mechanisms in *Clethrionomys*. Handout, Konnevesi Research Station, Univ.Jyväskylä 7pp
- Ylönen, H. (1989b): Temporal variation of behavioural and demographical processes in cyclic *Clethrionomys* populations. Biol.Res.Rep.Univ.Jyväskylä (16)S.1-35
- Ylönen, H.; J.Viitala (1989): Social overwintering and food distribution in the bank vole *Clethrionomys glareolus*. Manuskript, Konnevesi Research Station, Univ.Jyväskylä, 26pp
- Ylönen, H.; T.Mappes; J.Viitala (1989): Different demography in friends and strangers: an experiment on the impact of kinship and familiarity in *Clethrionomys glareolus* (Schreb.). Manuskript, Konnevesi Research Station, Univ.Jyväskylä, 23pp
- Ylönen, H. (1990): Phenotypic flexibility in the social organization of *Clethrionomys*. in: Social systems and population cycles in voles. Ed. by R.H.Tamarin, R.Ostfeld, S.Pugh, and G.Bujalska. S.203-212

- Ylönen,H.; Koskela,E.; Mappes,T. (1997): Infanticide in bank vole (*Clethrionomys glareolus*): Occurrence and the effect of familiarity on female infanticide. *Ann.Zool.Fennici* (4)S.259-266
- Ylönen,H.; Pusenius,J.; Viitala,J. (1995): Impact of kinship and familiarity on the annual social organization and population dynamics of *Clethrionomys* and *Microtus* voles. *Ann.Zool.Fenn.* (2)S.225-232
- Zangerl,A.R.; Arntz,A.M.; Berenbaum;M.R. (1997): Physiological price of an induced chemical defense: photosynthesis, respiration, biosynthesis, and growth. *Oecologia* 109,S.433-441
- Zejda,J. (1970): Ecology and Control of *Clethrionomys glareolus* Schreber in Czechoslovakia. *EPPO Public.Ser.A* (58)S.101-106
- Zejda,J. (1972): Movements and Individual Home Ranges in a Population of the Water Vole (*Arvicola terrestris* L.) on a Pond.. *Zool.Listy* (21)S.97-113
- Zejda,J. (1976): The small mammal community of a lowland forest. *Acta Sc.Nat.Brno* (10(10))S.1-39
- Zemanek,M. (1972): Food and Feeding Habits of Rodents in a Deciduous Forest. *Acta theriol.* (17)S.315-325
- Ziak,D.; Kocian,L. (1996): Territorial behaviour of bank vole (*Clethrionomys glareolus*) females and its interpretation on the level of relationship between individuals. *Biologia. Bratislava* (5)S.601-606
- Ziegenhagen,B. (1989): Die Reaktionen ein- und zweijähriger Stiel- und Traubeneichen auf unterschiedliche Strahlungsverhältnisse, Untersuchungen im Schattierungsexperiment und am Waldstandort als Beitrag zur Klärung der Bedingungen zur Eichennaturverjüngung. *Diss.Univ.Bonn* 208pp + Anh.
- Ziegenhagen,B.; Kausch,W. (1993): Zur Reaktion junger Eichen auf Licht und Schatten. *Forst und Holz* (48)S.198-201
- Ziegler,R.; Egle,K. (1965): Zur quantitativen Analyse der Chloroplasten pigmente. I. Kritische Überprüfung der spektralphotometrischen Chlorophyll-Bestimmung. *Beitr.Biol.Pflanzen* (41)S.11-37

## **8. Danksagung**

Mein Dank gilt Prof. Dr. Jörg Lunderstädt, Institut für Forstzoologie und Waldschutz, für die Übernahme der Betreuung dieser Arbeit, im Besonderen jedoch für die fachliche Betreuung und stete Gesprächsbereitschaft. Er hat es verstanden, seine Ratschläge und immer konstruktive Kritik so anzubringen, daß meine Arbeit dadurch wesentliche Impulse erhielt, vor allem präziser wurde als das ohne seine Unterstützung der Fall gewesen wäre.

Herrn Dr. Hans Niemeyer, Leiter der Abteilung Waldschutz der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, danke ich für die umfassende Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen, vor allem auch für die selbstlose Förderung meines beruflichen Lebensweges. Seine Bereitschaft, mich an das Institut für Forstzoologie und Waldschutz versetzen zu lassen, hat den Abschluß dieser Arbeit erst ermöglicht.

Der Niedersächsischen Landesforstverwaltung danke ich für die befristete Versetzung von der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt an das Institut für Forstzoologie und Waldschutz und finanzielle Förderung der Untersuchungen, vor allem aber allen LFV-Mitarbeitern, die mich direkt bei der Suche nach und Einrichtung von Versuchsflächen unterstützt haben, Frau Sabine Steinhoff, die Herren Peter Birkholz, Walter Hennecke, Stefan Körbel, Harald Laubner, Detlev Look, Henning Merten, Klaus Karsten Petersen, Ewald Preuss, Gerhard Quast, Rolf Sepan, Rainer Uebel und Klaus Zietlow.

Herrn Prof. Dr. Stefan Schütz danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskripts und die Unterstützung in der Endphase dieser Arbeit durch partielle Freistellung. Nach der Übernahme der Institutsleitung hätte er mich für interne Aufgaben so in Anspruch nehmen können, daß der Abschluß deutlich verzögert worden wäre.

Herrn Prof. Dr. Burghard v. Lüpke, Institut für Waldbau, danke ich für die Ermutigung, diese Arbeit anzufertigen und die Bereitschaft, das Korreferat dafür zu übernehmen.

Allen, die mir bei der Einrichtung der Versuchsflächen und Aufnahme der Daten hilfreich unter die Arme gegriffen haben, gilt mein besonderer Dank, vorrangig den Kollegen aus der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt: Frau Ursula Rabel, Frau Sabine Dimitri, den Herren Georg



Watzek, Hubert Paul, Christian Finke, Rüdiger Fus, Detlev Jarchow, Stefan Nienaber und Stefan Weiß.

Allen studentischen Mitarbeitern und Praktikanten, die mir bei der Datengewinnung geholfen haben, möchte ich hiermit ebenfalls danken, besonders Herrn Jörn Meyer-Ohlendorff für seinen essentiellen Beitrag zur Thematik „Auftreten von Nageschäden in Beziehung zu den Lichtverhältnissen in Bodennähe“.

Für die Umsetzung der Versuchsflächenmeßdaten zu den Plotaufnahmen in Karten danke ich Frau Kerstin Herwig, Mitarbeiterin der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt.

Für die freundliche Unterstützung beim Kampf mit/gegen? unserem/n Gaschromatographen, stete Bereitschaft zu telefonischen Fehlerdiagnosen und Reparaturanleitungen, ohne daß er dafür eine Gegenleistung erwartet hätte, danke ich Herrn Thorsten Stahl.

Für die außergewöhnliche kollegiale Hilfe, vor allem als Lehrmeister in den Analyseverfahren, danke ich Herrn Peter Jung, für die freundschaftliche Kommunikationsbereitschaft, besonders für seine unendliche Geduld bei der Lösung meiner chronischen Computer-(benutzer-)probleme und die endgültige Durchsicht des Manuskripts, Herrn Rainer Hurling.

Für die angenehme und zielorientierte Zusammenarbeit bei den Inhaltsstoffanalysen möchte ich mich herzlich bei Frau Martina Knaust, Frau Christine Reuter, Frau Ulrike Eisenwiener, Frau Angela Reipert, Frau Kira Duntemann und Frau Cécile Genet bedanken, für die tatkräftige Hilfe beim „Bäumeausreißen“ und bei der Einrichtung der Wahlversuche bin ich Frau Reipert, Frau Genet, Herrn Reinhold Dankworth, Herrn Stefan Rath, Herrn Jung und Herrn Jörg Berger zu Dank verpflichtet.

Für die Anfertigung der Aquarellvorlage für Abb. 1.20 danke ich Herrn Wolfgang Tambour.

Dem Team der Fakultätsbibliothek danke ich für die Unterstützung bei der Literaturbeschaffung.

Allen Mitarbeitern des Instituts für Forstzoologie und Waldschutz möchte ich für die freundliche Aufnahme und gute Zusammenarbeit während der Abfassung dieser Arbeit danken.

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau und meinen Kindern, die mir den nötigen Rückhalt gegeben und klaglos „waterlose“ Zeiten in Kauf genommen haben; ihnen ist diese Arbeit gewidmet.

## 9. Stichwortverzeichnis

Abit®	40	Biotoptyp	22
Abschmelzampulle	35	Bis-(trimethylsilyl)-trifluoroacetamid	36
Apfel	52	Blech	18
Dabsylchlorid	37	Bodendurchlüfter	7
Acer pseudoplatanus	52	Bonitur	28
Acetonitril	37	BSTFA	36
Adventivwurzelbildung	57	Buche	52
Agfa APX 25	23	Buchenjungpflanzen	76ff, 86f, 90, 92, 96f
Agfa Ortho	23	Buchenschirm	8
Agfa-Ortho®	68	Carpinus betulus)	52
Alkohol	35	Catechin	36, 38f, 94
Fallenverfahren	13	CH <sub>3</sub> CN	37
Altbestand	124	Chinasäure	36, 39, 94
Aluminiumdraht	18	Chlorophyll	36
Aminosäure	36	Chlorophyll A	92, 127
Bandmaß	22	Chlorophyll B	92, 127
Anthron	37	Chlorophyllgehalt	36, 38, 93, 127f
Apfel 13f, 108f		Christ beta 1-16	35
Apfelreiser	13	Chromeleon 4.3®	40
ArcView Ver.2.1	40	Chrompack CP 9000	36
Artdifferenzierung	108	Clethrionomys glareolus Schreb.	1, 7, 131
Arvicola terrestris	7, 132	CO <sub>2</sub> -Abschluß	35
Arvicolidae	132	Combi-Titrisol	37
Asparaginsäure	127	CP-Sil-8 CB	36
Attraktivität	39	Dabsylierung	37
Attraktivitätsparameter	39	Derivatisierung	36
Aufforstung	21	DIFFSF	26
Aufnahmelinie	21f	Diffuse Site Factor	26
Aufnahmeplot	21	diffuse Strahlung	23
Auswanderung	109	4-(Dimethylamino)-azobenzene-4'	
Azeton	36	sulfonylchlorid	37
B/U*100	112	Dimethylformamid	37
Bakterizid	129	Doppelzucker	127
Bast	35	Douglasie	22
Bastverfärbung	35	Drainage	27
Beifänge	41	Edelstahl-Drahtgewebe	27
Bekämpfungsmaßnahme	103	EGF:	116
Bekämpfungswirkung	103	Eiche	52
Beleuchtungsstärke	9	Einfachzucker	127
Belichtung	8	Eingewöhnung	74
Bergahorn	52	Einwanderung	108
Besatzdichte	105	Endbonitur	34
Bienenwachs	106	Epicatechin	36, 39
Bioscan®	40	Epidermal Growth Factor	116
Biotopgrenze	22	Eppendorf-Cap	36

- Erdmaus 1, 7, 62, 74, 107ff, 117f, 120ff, 131  
 Esche 52, 108  
 Ethanol 37  
 ExactPro 7.2® 40  
 Excel97® 40  
 Exsikkator 35  
 Extinktion 37, 39  
 Extinktionskoeffizient 38  
 Extraktion 35  
 Extraktionsrückstände 36  
 Fagus sylvatica 9  
 Fagus sylvatica) 52  
 Fallenkontrolle 13  
 Fallenlinie 13  
 Familienverband 30, 124  
 Fang, Markierung und Wiederfang 103  
 Fangserie 41  
 Fch® blau 14  
 Feldmaus 1, 7, 107, 110, 132  
 FID 36  
 Fisheye-Aufnahme 23  
 Fisheye-Methode 9  
 Flammenionisierungs-detektor 36  
 Fließmittel 37  
 Folin 38  
 Folin-Ciocalteus-Reagenz 39  
 Forstgrundkarte 22  
 Fraxinus excelsior 52  
 Freifläche 8  
 Freiflächenpflanze 76  
 Freiflächenpflanzen 76  
 Fructose 36, 81, 85, 127  
 Fungizid 129  
 Fürstenberg 21  
 Gaschromatographie 36, 40  
 GC 40  
 Gefangenschaftsbeobachtung 108  
 Gehege 32  
 Gelbhalsmaus 106  
 Gerbsäure 130  
 Gesamtphenol 38  
 GFL Type 3016 36  
 GIMP® 40  
 Glucose 36f, 81, 85, 127  
 Glucoseäquivalent 37  
 Glutaminsäure 128  
 Gonschorrek 1989 110  
 Gradientenprogramm 37  
 Grauweide 108  
 Gynkotek® 40  
 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 37  
 Habitat 21  
 Hainbuche 52, 108  
 HCl 38  
 Heilungsdynamik 1  
 Heimatareal 109  
 Heraeus Labofuge 400 36  
 Heraeus T 5025 36  
 Herbivor 126f  
 Histidin 127  
 Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie  
 37, 40  
 HPLC 40  
 Hydrolysat 37  
 Hydrolyse 37  
 Hydroxylammoniumchlorid 36  
 Index 8, 41, 105  
 Index 100 Fangnächte 8, 41, 105  
 Inhaltsstoff 9  
 Invasionen 109  
 Isotherm 36  
 Käfigsituation 108  
 Käfigtiere 125  
 Kirsche 52  
 Kleinsäuger 103  
 Köderblöcke 107  
 Kurzschwanzmäuse 7, 41, 105, 106, 108  
 Lagomorpha 129  
 Langschwanzmäuse 41, 105f, 107, 108  
 Lärche 22  
 Larix decidua 52  
 Larix sp. 22  
 Lebendfang, 103  
 Leisenrode 21  
 Lichtregime 128  
 Lichtverhältnisse 21  
 Lockeffekt 109  
 LÖWE 123  
 Malus sylvestris 52  
 Mammalia 132  
 Mandrake Linux 8.1® 40  
 Markierung 12, 21f  
 Markierungsfarbe 14  
 Marmorierung 108  
 Material 10  
 Median 85

Metallschild	21	Pierce Aminosäurenstandard	37
Methanol	35	Plot	21
Methode	10	Plotaufnahme	21
Microsoft®	40	Populationsdichte	8
Microtinae	129	Prädation	103
Microtus agrestis L.	1, 7, 132	Prädatoren	7
Microtus arvalis Pallas	1, 7, 131	Präferenzen	74
Microtus ochrogaster	130	Proanthocyanidin	38
Microtus pennsylvanicus	107	Probenaufbereitung	35
Milton Roy Spectronic 301	37	Probennahme	31
Mischprobe	35	Prognose	8, 41ff, 50f, 103, 105f, 109
mm <sup>2</sup> *	34	Prognose,	1
Monosaccharide	127	Proteinaminosäure	37
N <sub>2</sub>	35	Proteinaminosäuren	37f, 87ff, 127
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	39	Proteine	37
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	37	Prunus avium	52
Nachfang	103	Pseudotsuga menziesii	22
Nachkontrolle	113	Puffer	37
Nager	106	Pyridin	36
Nageschäden	1, 8f, 18, 21, 39, 46, 57, 62, 111, 117f, 123	Quebracho	130
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	37	Quercetin	130
NaOH	39	Quercus robur	52
Natriumacetat	37	Rang	30
Natriumbicarbonat	37	Reagenzglasofen	37
Natriumphosphat	37	Reaktion	18
Naturverjüngung	21	Referenzsubstanz	37
NHCl	37	Retsch MM2	35
nmol/mg TGW	36	Rindeninhaltsstoffe	124
Norleucin	37	Rindenprobe	36
Optimas®	40	Ringelung	55f, 58, 118
Rötelmaus	79	Triplet	22
Oximierung	36	Rodentia	132
Paraffin	106	Rosine	13
PARdifw	26	Rotbuche	9
PARgess	26	Rötelmaus	7, 9, 13, 46, 62, 74, 76ff, 86, 96f, 103, 107f, 110, 120f, 131, 134
PARSF	26	Saccharose	36, 81f, 85, 127
Pasteurpipette	36	Salix caprea	52
PCI®	40	SAS®	40
Phenole	35	Schadensansprache	9, 34
Phenylglucose	36	Schadensquantifizierung	110
Photometer	36	Schadensschwelle	103
Photometeranalyse	36	Schadgrad	16, 21, 64f
Photosynthese	127	Schadhöhe	111
Photosynthetic Active Radiation Site Factor	26	Schermaus	7, 108
Physiologie	9, 123	Schirm	9
Picea abies	52	Schirm%	26
		Schirmflächenpflanze	76

- Schlagfallen 13  
Schlagfallenverfahren 13  
Schnecken 41  
Schüttler 36  
Schwingmühle 35  
SciLab® 40  
Sequoiadendron giganteum 52  
Serin 128  
Shikimisäure 36, 39  
Shimadzu UV-VIS Spektralphotometer  
SPD-6AV 37  
Silylierung 36  
Skalpell 35  
Sorbus domestica 52  
Sozialgefüge 30  
Sozialverband 124  
Speierling 52  
Spektralphotometer 37f  
Sperrholz 28  
Spherisorb ODS II 37  
Spitzahorn<sup>9</sup> 108  
Spitzmäuse 41  
Splintverletzung 108  
Split-Injektortemperatur 36  
Stärke 8, 33, 35ff, 81, 85f, 126f  
StarOffice 5.2® 40  
Stearin 31  
Steckholz 13  
Steckhölzer 14  
Steckholzverfahren 13f, 17, 46, 106, 113f  
Stichproben 18, 21  
Strahlung 26  
Streifareal 109  
Stummelpflanze 31, 33, 34  
Sun® 40  
Suunto 22  
SW 112  
Telemetrie 103  
Territorialkämpfe 30  
Threonin 128  
Tierschutz 103  
Totalausfang 104  
Tracon 22  
Transekt 14  
Transponder 103  
Trennbedingungen 36  
Triplet 22f  
Tripletzeile<sup>3</sup> 22  
Trockeneis 31  
Trockenschrank 36  
UB 7, 9, 18, 22, 37ff, 52ff, 58, 103, 106, 113  
Überhälter 124  
Überschirmung 8  
Überschirmungsgrad 26  
Umfangprozent 110  
Ungulaten. 116  
Vanillin 38  
Varianz 85  
Vergleichspflanze 31  
Vergrasung 8  
Verhaltensauffälligkeit 74  
Versuchsfläche 10  
Versuchsgehege 27  
Versuchspflanzen 30  
Versuchstier 13  
Vial 37  
Vögel 41  
Vorkontrolle, 113  
W%S 112  
Wahlversuch 9, 74  
Waldmaus 106  
Wasserbad 39  
WCOT Fused Silica-Kapillarsäule 36  
Weiserköder 108  
Wellenlänge 39  
Wiederbesiedlung 110  
Wiederkäuer 129  
Windows 98® 40  
Wühlmaus 1, 45, 50f,  
Wurzelhals 34  
Wurzelhalsumfang 18  
Xpaint 2.6.1® 40  
Zoekotrophie 128  
Zucker 35f, 39, 81, 83ff, 126

## **10. Anhang**

### **A 1. Versuchsflächenübersicht**

### **A 2. Übersichten einzelner Versuchsflächen**

#### **A 2.1 Versuchsflächen für Linientaxationen**

#### **A 2.2 Versuchsflächen für Aufnahmen zur Schadensentwicklung**

#### **A 2.3 Versuchsflächen für Plotaufnahmen**

### **A 3. Beispiele für Reaktionen von Bäumen auf Mäusenageschäden**

#### **Lebenslauf**

# Anhang

## A 1 Versuchsflächenübersicht

**Tab. A 1:** Übersicht über die einzelnen Versuchsflächen, Untersuchungsgegenstände und Aufnahmeparameter mit chronologischer Übersicht der Untersuchungsaktivitäten.

Lfd. Nr.	Lage der Versuchsflächen		Aufnahmetechnik	Biologische & Biotechnische Parameter	Untersuchungsjahre	Aufnahme der Mäuseschäden und der Lichtverhältnisse					Untersuchungen zur Diagnose von Mäuse-Abundanzen und Prognose von Schadereignissen														
						Plotverfahren		Plots		Linien-taxation	Auf Mäuseschäden untersuchte Pflanzen				Anzahl Fallennächte je Aufnahmejahr										
						Anzahl	Identifikations-Nummern: von - bis	Fläche (ha)	Anzahl Arme der Strahlenkreuze / Gesamtzahl der Lichtmessungen auf den Strahlenkreuzen		Fallenlinien (N)	Fallen- & Stechholzlinien (N)	Fallennächte (N)	Stechholz (N)	1983	1984	1985	1986	1987	1988					
1	2	3	4	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			
1	Altenau	Bruchberg	77	L	F	1993							1		100		100								
2	Altenau	Bruchberg	88	L	F	1993							1		100		100								
4	Bramwald	Ellershausen	94	L	F	1993							1		100		100								
5	Bramwald	Bursfelde	250	L	F/S	1993,94,96,97							2	2	300	50	100	100		50	50				
6	Bramwald	Bühren	320-1	L	F/S	1993 - 98							3	3	450	75	100	100	100	50	50	50			
7	Bramwald	Bühren	320-2	L	F	1993,95							1		100				100						
8	Braunlage	Wurmberg	9	L	F	1993							1		100		100								
9	Braunlage	Wurmberg	62	L	F/S	1994, 95 - 98							1	3	250	75			100	50	50	50			
10	Braunlage	Wurmberg	74	L	F/S	1994 - 97							1	2	200	50			100	50	50				
11	Braunlage	Wurmberg	75	L	F/S	1998							1		50	25								50	
12	Braunlage	Wurmberg	103	L	F	1993							1		100		100								
13	Braunlage	Wurmberg	175	L	F	1993							1		100		100								
14	Braunlage	Wurmberg	200	L	F	1993							1		100		100								
15	Braunlage	Wurmberg	201	L	F	1993							1		100		100								
16	Braunlage	Wurmberg	215	L	F	1993							1		100		100								
17	Braunlage	Steinfeld	49a	P	L/M	1996, 97	17	361	377	1,5			340												
18	Dassel	Sievershausen	31	L	F/S	1995, 96								2	100	50				50	50				
19	Dassel	Dassel	71	L	F	1995								1	50	25				50					
20	Fürstenberg	Rottmünde	67	S	L/M	1997, 98							4/40		1083								1083	40	
21	Fürstenberg	Rottmünde	69	S	L/M	1997, 98							6/85		371								371	85	
22	Hardeggen	Leisenrode	66	R	L/M	1996 - 98																			
23	Herzberg	Hohefeld	578b3	P	L/M	1996 - 98	7	2387	2393	0,6			140												
24	Herzberg	Hohefeld	579b1	P	L/M	1996 - 98	19	2351	2369	1,7			380												
25	Herzberg	Hohefeld	579b2	P	L/M	1996 - 98	17	2370	2386	1,5			340												
26	Katlenburg	Husum	73/1	R	M/R	1993 - 95									613										
27	Katlenburg	Husum	73/2	R	M/R										615										
28	Katlenburg	Husum	73/3	R	M/R										858										
29	Katlenburg	Gillersheim	12/1	P	L/M	1996, 97	58	2118	2175	5,2			1160												
30	Katlenburg	Gillersheim	12/2	P	L/M	1996, 97	12	2176	2187	1,1			240												
31	Katlenburg	Husum	Dorste	P	L/M	1996, 97	31	2005	2035	2,8			620												
32	Kattenbühl	Oberode	9/1	L	F/S	1995, 96 - 98								1	3	250	75			100	50	50	50		
33	Kattenbühl	Oberode	9/2	L	F/S	1998								1		50	25							50	
34	Kattenbühl	Oberode	16	L	F	1993, 94								2		200		100	100						
35	Kattenbühl	Oberode	29	L	F/S	1996, 97								2	2	100	50				50	50			
36	Kattenbühl	Oberode	33	L	F	1994								1		100			100						
37	Kattenbühl	Oberode	186	L	F	1993								1		100		100							
38	Lauterberg	Stöberhai	175	L	F/S	1993, 96 - 98								3	150	75					50	50	50		
39	Lauterberg	Stöberhai	200	L	F/S	1996 - 98								3	150	75					50	50	50		
40	Medingen	Reisenmoor	543a1	P	L/M	1996, 97	8	2036	2043	0,7			160												
41	Medingen	Reisenmoor	544b1/1	P	L/M	1996, 97	8	2044	2051	0,7			160												
42	Medingen	Reisenmoor	544b1/2	P	L/M	1996, 97	15	2060	2074	1,4			300												







## ***A 2. Übersichtskarten einzelner Versuchsflächen***

Dargestellt sind alle Flächen, auf denen Dauerbeobachtungen mit festen Aufnahmemustern bestanden. Nicht kartenmäßig dargestellt sind die Flächen, auf denen nur Fallenfänge und Versuche zum Steckholzverfahren durchgeführt wurden.

A2.1 Sternförmige Linientaxation

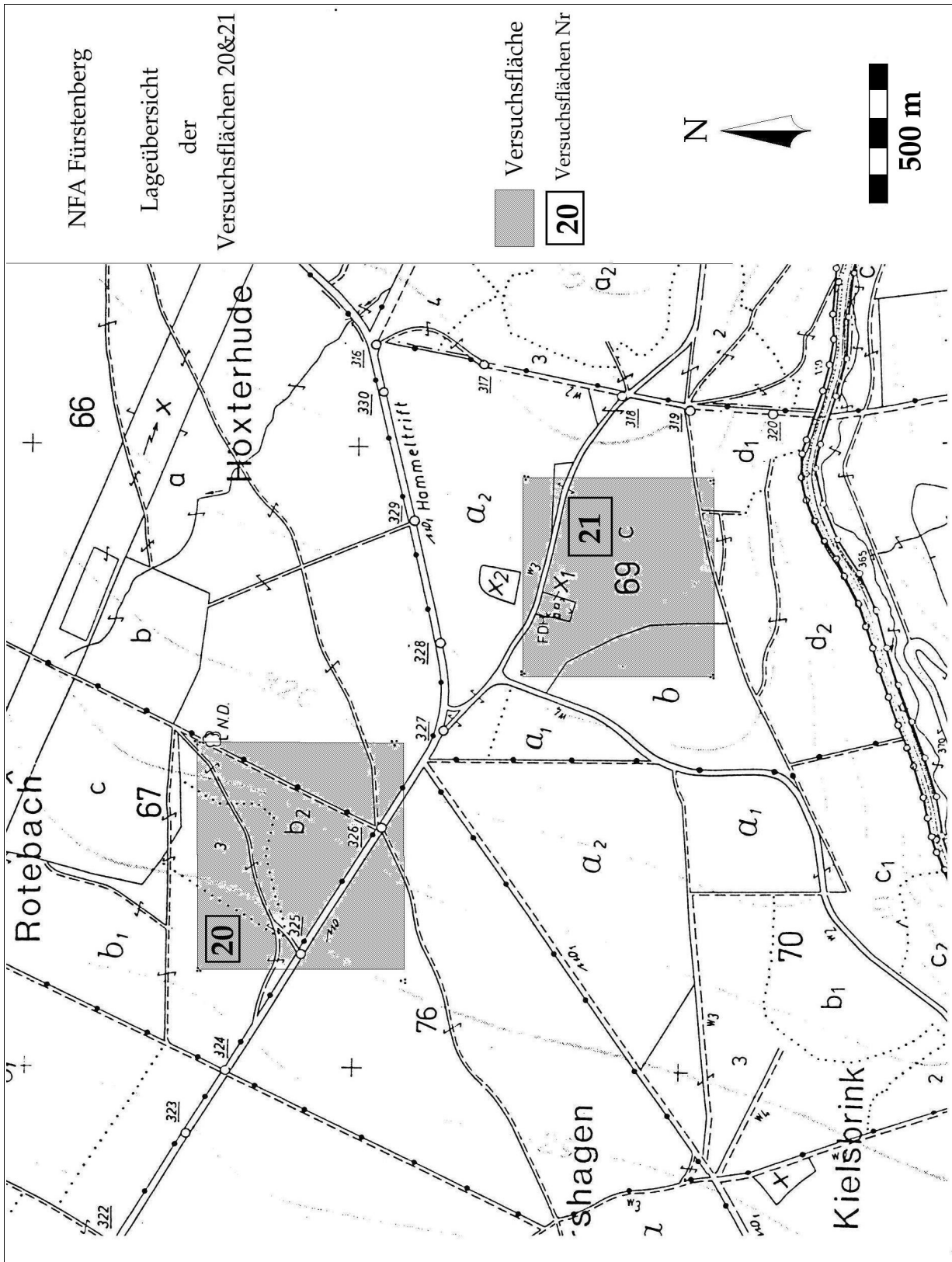


Abb. A 2.1: Übersichtskarte zur Lokalisierung der Versuchsflächen Nr. 20 und 21

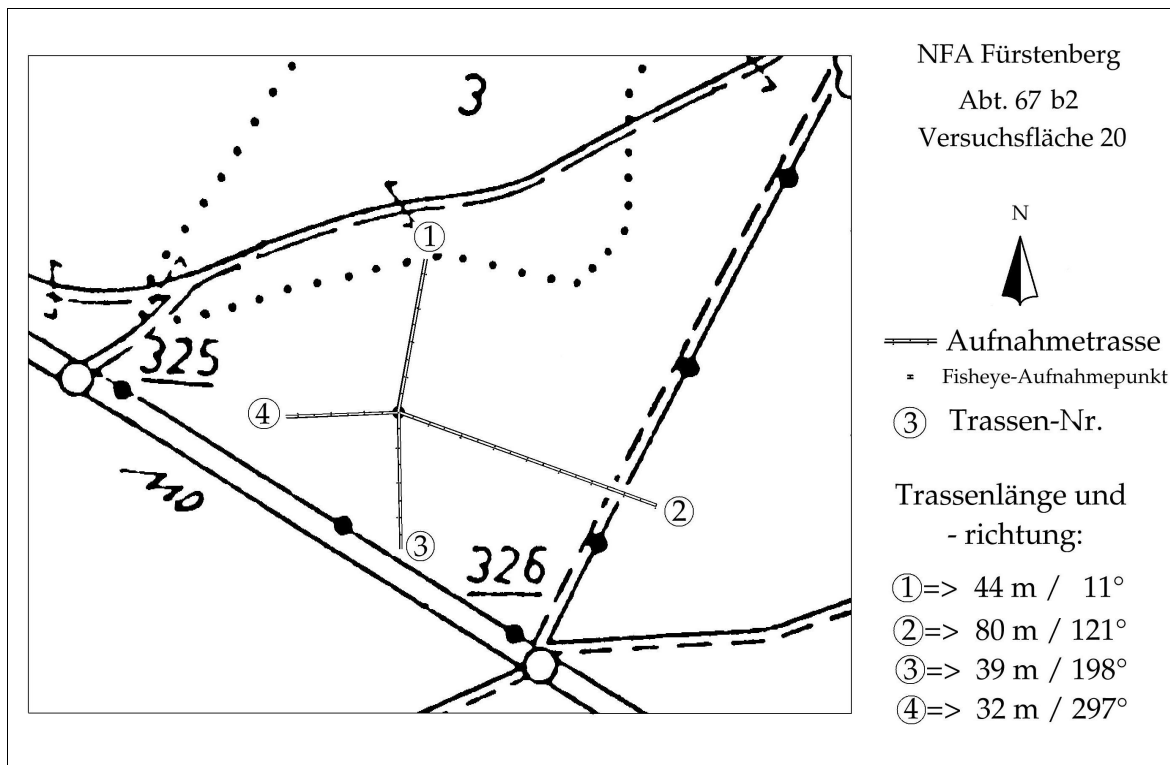


Abb. A 2.2 : Detailplan Versuchsfläche Nr. 20

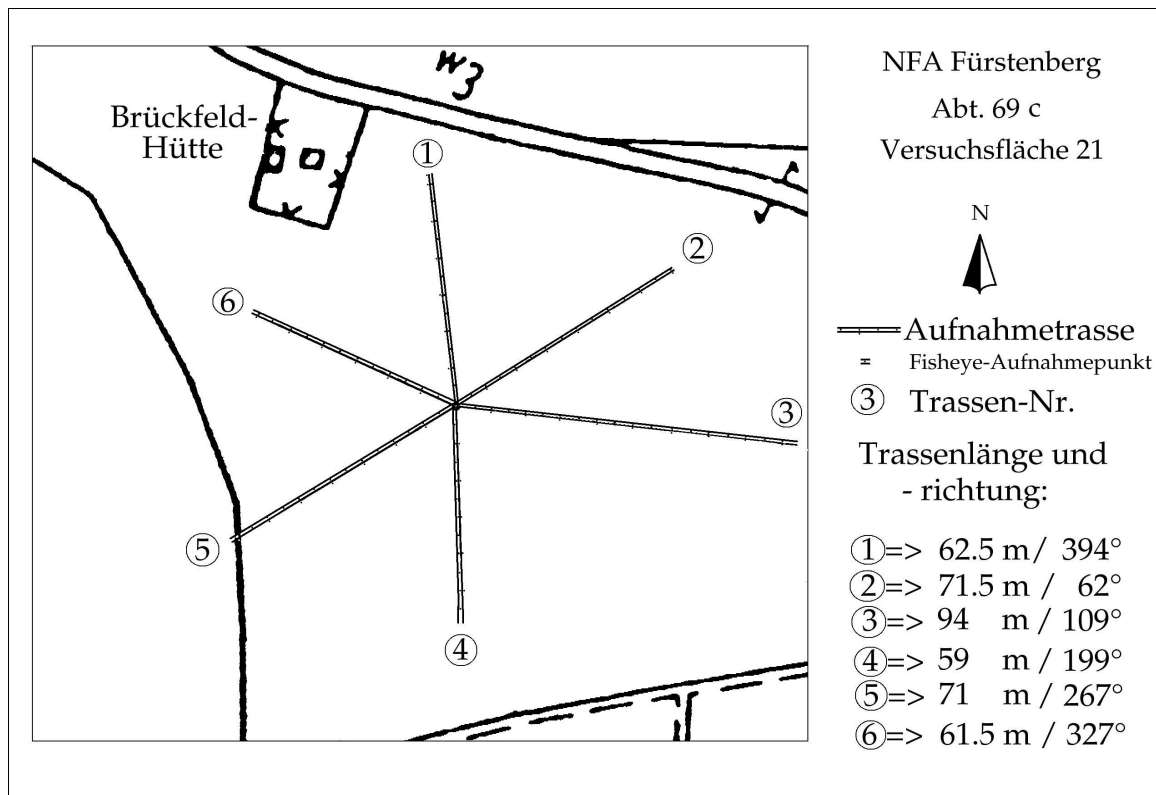


Abb. A 2.3 : Detailplan Versuchsfläche Nr. 21

A 2.2 Untersuchungen zur Nageschadenentwicklung

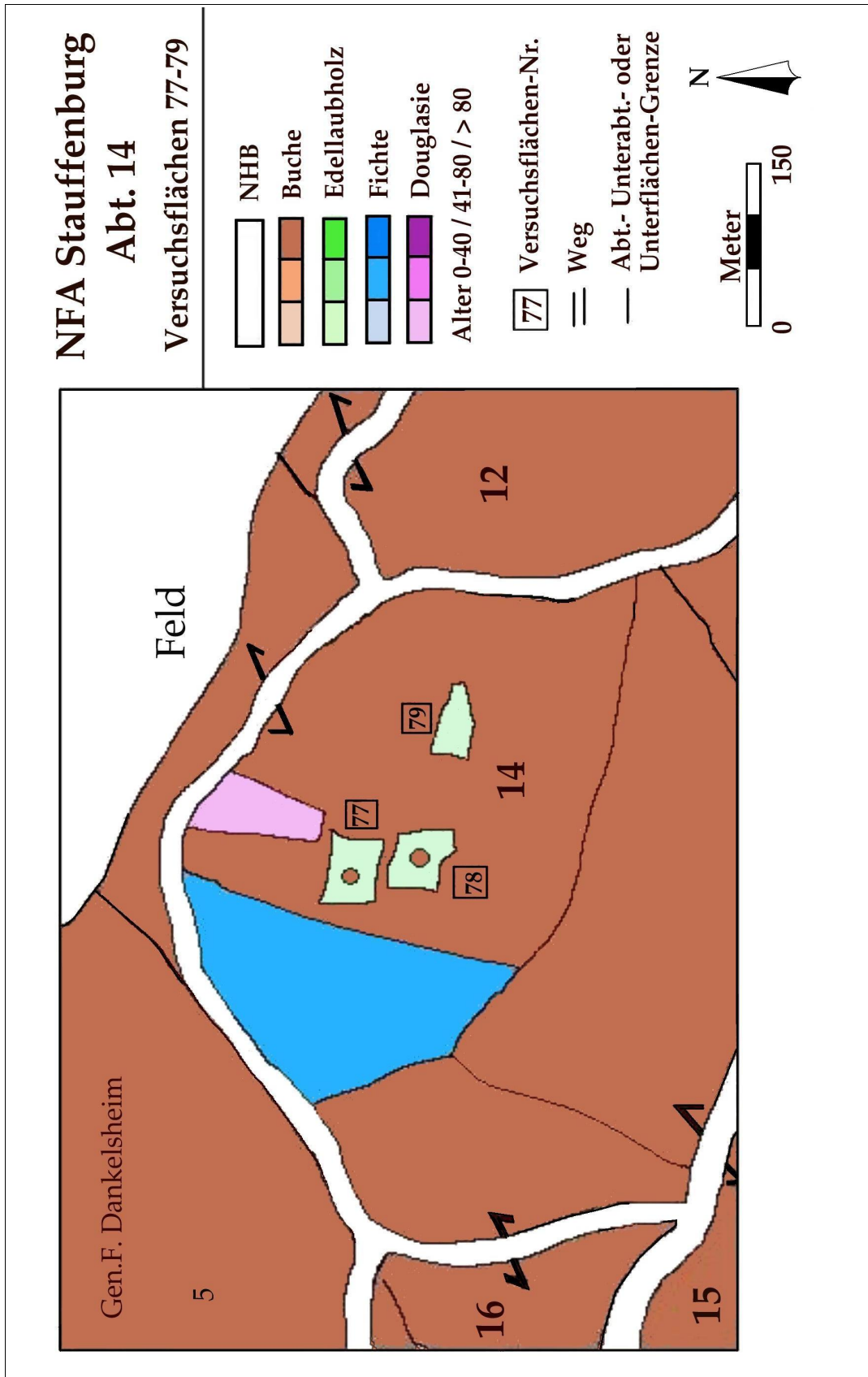
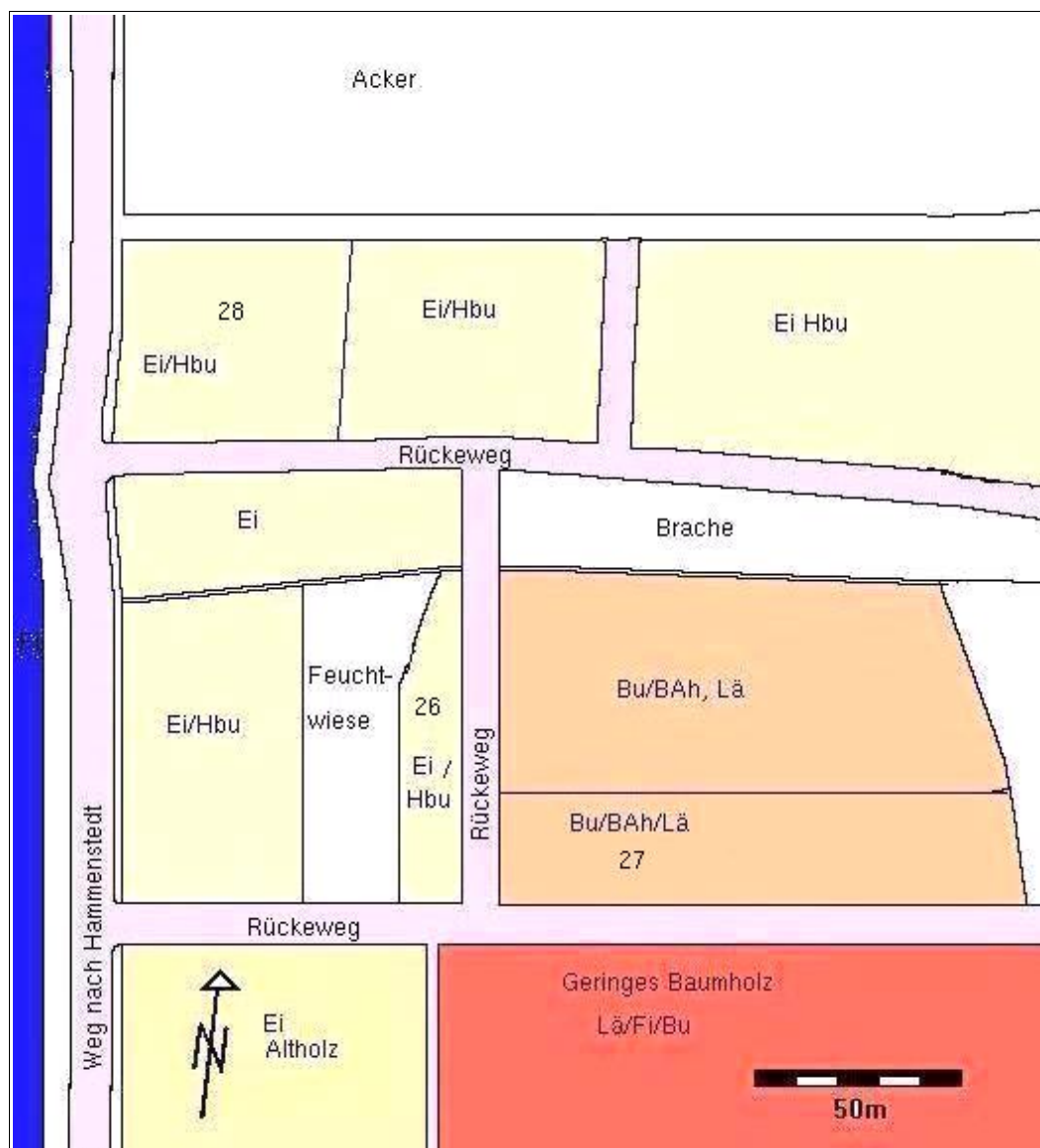
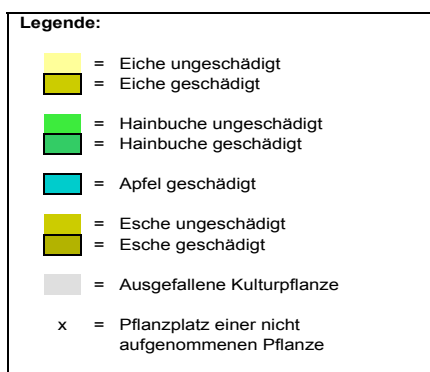
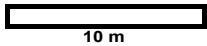
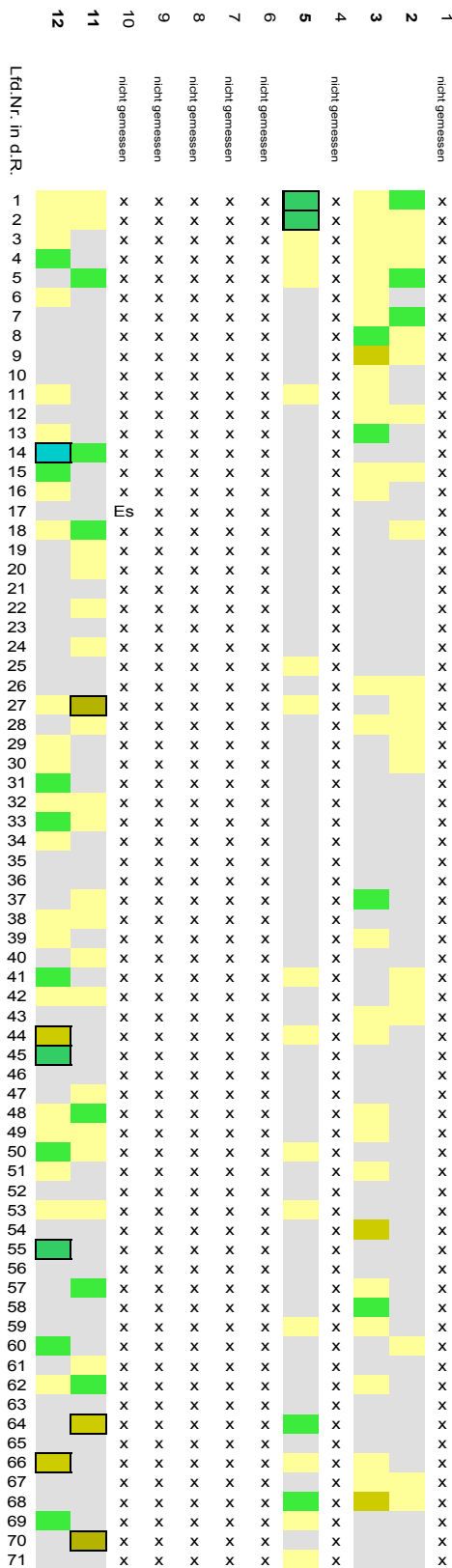


Abb. A 2.16: Übersicht zur Lage der Versuchsflächen Nrn.77-79





*Abb. A 2.6: Versuchsfächenübersicht Fl. Nrn. 26 - 28, Katlenburg/Husum Abt. 73*



**Abb. A.3.1) Diese und folgende Seite:** Detailkarte Versuchsfläche Nr. 26 (Katlenburg/Husum Abt. 73), Bepflanzung: Eiche /Hainbuche in Einzelmischung (ca. jede fünfte Pflanze Hainbuche) Vollaufnahme von 5 von 12 Reihen. Zustand drei Jahre nach Schadenseintritt. Durch Mäuse geschädigte Pflanzen wurden individuell gekennzeichnet (Nr.). Standplätze ungeschädigter Pflanzen: hellgelb für Eiche, hellgrün für Hainbuche, geschädigte lebende Bäumchen mit schwarzem Rahmen: helloliv Eiche, dunkelgrün Hainbuche; Ausfälle grau. Esche und Apfel: siehe Legende. Pflanzplätze nicht aufgenommene Reihen: x



# Anhang

77		x	x	x	x	x		x		x
78		x	x	x	x	x		x		x
79		x	x	x	x	x		x		x
80		x	x	x	x	x		x		x
81		x	x	x	x	x		x		x
82		x	x	x	x	x		x		x
83		x	x	x	x	x		x		x
84		x	x	x	x	x		x		x
85		x	x	x	x	x		x		x
86		x	x	x	x	x		x		x
87		x	x	x	x	x		x		x
88		x	x	x	x	x		x		x
89		x	x	x	x	x		x		x
90		x	x	x	x	x		x		x
91		x	x	x	x	x		x		x
92		x	x	x	x	x		x		x
93		x	x	x	x	x		x		x
94		x	x	x	x	x		x		x
95		x	x	x	x	x		x		x
96		x	x	x	x	x		x		x
97		x	x	x	x	x		x		x
98		x	x	x	x	x		x		x
99		x	x	x	x	x		x		x
100		x	x	x	x	x		x		x
101		x	x	x	x	x		x		x
102		x	x	x	x	x		x		x
103		x	x	x	x	x		x		x
104		x	x	x	x	x		x		x
105		x	x	x	x	x		x		x
106		x	x	x	x	x		x		x
107		x	x	x	x	x		x		x
108		x	x	x	x	x		x		x
109		x	x	x	x	x		x		x
110		x	x	x	x	x		x		x
111		x	x	x	x	x		x		x
112		x	x	x	x	x		x		x
113		x	x	x	x	x		x		x
114		x	x	x	x	x		x		x
115		x	x	x	x	x		x		x
116		x	x	x	x	x		x		x
117		x	x	x	x	x		x		x
118		x	x	x	x	x		x		x
119		x	x	x	x	x		x		x
120		x	x	x	x	x		x		x
121		x	x	x	x	x		x		x
122		x	x	x	x	x		x		x
123		x	x	x	x	x		x		x
124		x	x	x	x	x		x		x
125		x	x	x	x	x		x		x
126		x	x	x	x	x		x		x
127		x	x	x	x	x		x		x
128		x	x	x	x	x		x		x
129		x	x	x	x	x		x		x
130		x	x	x	x	x		x		x
131		x	x	x	x	x		x		x
132		x	x	x	x					
133		x	x	x	x					
134		x	x	x	x					
135		x	x	x	x					
136		x	x	x						
137		x	x	x						
138		x	x	x						
139		x	x	x						
140		x	x							
141		x	x							
142		x	x							
143		x	x							
144		x								
145		x								
146		x								
147										
148										
149										

	→ N														
1	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
2	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
3	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
4	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu 385	x	x	x
5	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
6	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
7	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x
8	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu 383	x	x	x
9	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
10	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
11	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
12	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
13	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	o	x	x	x
14	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
15	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
16	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	o	x	x	x
17	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu 383	x	x	x
18	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
19	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	o	x	x	x
20	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
21	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu 380	x	x	x
22	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu	x	x	x
23	x	Bu	x	x	x	x	Es	x	x	x	x	Bu	x	x	x
24	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x
25	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x
26	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x
27	x	Bu	x	x	x	x	Bah 330	x	x	x	x	Lä	x	x	x
28	x	Bu	x	x	x	x	Bu 329	x	x	x	x	Lä	x	x	x
29	x	Bu	x	x	x	x	Bu 331	x	x	x	x	Lä	x	x	x
30	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	x	x
31	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bah	x	x	x
32	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu 379	x	x	x
33	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
34	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu 378	x	x	x
35	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
36	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
37	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
38	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
39	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	x	x
40	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x
41	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	x	x
42	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
43	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
44	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu	x	x	x
45	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu	x	x	x
46	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu	x	x	x
47	x	Bu	x	x	x	x	Es	x	x	x	x	o	x	x	x
48	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	o	x	x	x
49	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	x	x
50	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Lä	x	x	x
51	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x
52	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Lä	x	x	x

**Abb. A.3.1) Diese und folgende 3 Seiten:**  
 Detailkarte Versuchsfläche Nr. 27 (Katlenburg/Husum Abt. 73), Bepflanzung: Buche in blockweiser Mischung mit Lärche und Bergahorn  
 Vollaufnahme von 3 von 15 Reihen. Zustand drei Jahre nach Schadenseintritt.  
 Durch Mäuse geschädigte Pflanzen wurden individuell gekennzeichnet (Nr.).  
 Standplätze ungeschädigter Pflanzen: hellbraun für Buche, hellgrün für Bergahorn und Esche, geschädigte lebende Bäumchen mit schwarzem Rahmen und Nr., frisch Abgestorbene: Baumartenkürzel durchgestrichen; früher Abgestorbene: o; alle Ausfälle grau unterlegt.

# Anhang

57	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x
58	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x
59	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x
60	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x
61	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
62	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
63	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
64	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
65	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
66	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
67	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x
68	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
69	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	Bu	x	x	x
70	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu	x	x	x
71	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	Bu	x	x	x
72	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu	x	x	x
73	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	Bu	x	x	x
74	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x
75	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	o	x	x	x
76	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu	x	x	x
77	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	Bu 377	x	x	x
78	x	Bu	x	x	x	x	<del>Lä</del>	x	x	x	x	Bu	x	x	x
79	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	x	x
80	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
81	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu 376	x	x	x
82	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu 375	x	x	x
83	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
84	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x	x	Bu	x	x	x
85	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Lä	x	x	x
86	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x
87	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Lä	x	x	x
88	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x		x	x	x
89	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Lä	x	x	x
90	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x
91	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Lä	x	x	x
92	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x		x	x	x
93	x	Bu	x	x	x	x	Es	x	x	x	x	Lä	x	x	x
94	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x
95	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x
96	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
97	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
98	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu 374	x	x	x
99	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x
100	x	Bu	x	x	x	x	Bu 333	x	x	x	x	Bu	x	x	x
101	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x	x	Bu 373	x	x	x
102	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
103	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
104	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
105	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	Bu	x	x	x
106	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu	x	x	x
107	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x
108	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x

Zeitliche Prognose, räumliche Verteilung und Heilungsdynamik von Wühlmaus-Nageschäden

115	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu 369	x	x	x
116	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
117	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu 368	x	x	x
118	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x	x	Bu	x	x	x
119	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	x	x
120	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x
121	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x
122	x	Bu	x	x	x	x	Bu 334	x	x	x	x		x	x	x
123	x	Bu	x	x	x	x	Bu 335	x	x	x	x	Lä	x	x	x
124	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x
125	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x
126	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x
127	x	Bu	x	x	x	x	Bu 336	x	x	x	x	o	x	x	x
128	x	Bu	x	x	x	x	Bu 337	x	x	x	x		x	x	x
129	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x	x	Lä	x	x	x
130	x	Bu	x	x	x	x	Bu 338	x	x	x	x		x	x	x
131	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x
132	x	Bu	x	x	x	x	Bu 339	x	x	x	x	Bu	x	x	x
133	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x
134	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu 366</del>	x	x	x
135	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Es 367	x	x	x
136	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
137	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
138	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
139	x	Bu	x	x	x	x	Bu 340	x	x	x	x	Bu	x	x	x
140	x	Bu	x	x	x	x	Bu 341	x	x	x	x	Bu	x	x	x
141	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	Bu	x	x	x
142	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	o	x	x	x
143	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	o	x	x	x
144	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x
145	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	Bu	x	x	x
146	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	Bu	x	x	x
147	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	o	x	x	x
148	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	o	x	x	x
149	x	Bu	x	x	x	x		x	x	x	x	o	x	x	x
150	x	Bu	x	x	x	x	Lä	x	x	x	x	o	x	x	x
151	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x
152	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu 365	x	x	x
153	x	Bu	x	x	x	x	Es 342	x	x	x	x	Bu	x	x	x
154	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x	x	Bu 364	x	x	x
155	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
156	x	Bu	x	x	x	x	Es 343	x	x	x	x	Bu	x	x	x
157	x	Bu	x	x	x	x	<del>Bu</del>	x	x	x	x	Bah	x	x	x
158	x	Bu	x	x	x	x	Bu 344	x	x	x	x	Bah	x	x	x
159	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x
160	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x
161	x	Bu	x	x	x	x	Bu 345	x	x	x	x	Bah	x	x	x
162	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x
163	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x

# Anhang

174	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bah	x	x	x
175	x	Bu	x	x	x	x	Bu 347	x	x	x	x	Bu	x	x	x
176	x	Bu	x	x	x	x	Bu 348	x	x	x	x	Bu	x	x	x
177	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
178	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu 363	x	x	x
179	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
180	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu 362	x	x	x
181	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
182	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu 361	x	x	x
183	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	o	x	x	x
184	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu 360	x	x	x
185	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
186	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
187	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
188	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
189	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu 359	x	x	x
190	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu 358	x	x	x
191	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
192	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
193	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Bu	x	x	x
194	x	Bu	x	x	x	x	Bah	x	x	x	x	Es 357	x	x	x
195	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
196	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
197	x	Bu	x	x	x	x	Es 349	x	x	x	x	Bu 356	x	x	x
198	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	o	x	x	x
199	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Lä NV	x	x	x
200	x	Bu	x	x	x	x	Es 350	x	x	x	x	Bu	x	x	x
201	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu 355	x	x	x
202	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
203	x	Bu	Bu 355	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Es 354	x	x	x
204	x	Bu	Es 354	x	x	x	Es 351	x	x	x	x	Bu	x	x	x
205	x	Bu	Bu	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
206	x	Bu	Bu 356	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
207	x	Bu	o	x	x	x	Bu	x	x	x	x	Bu	x	x	x
208	x	Bu	Bah	x	x	x	o	x	x	x	x	Bu	x	x	x
209	x	Bu	x	x	x	x	Es	x	x	x	x	Bu	x	x	x
210	x	Bu					Bu					Es353			

Legende:

Bu	Buche	Bah	Bergahorn
Bu 355	Buche geschädigt lebend	Es	Esche
Bu	Buche frisch abgestorben	Es 354	Esche geschädigt
Bu 356	„ „ „	Lä	Lärche
o	Baum früher abgestorben	Lä	Lärche frisch abgestorben

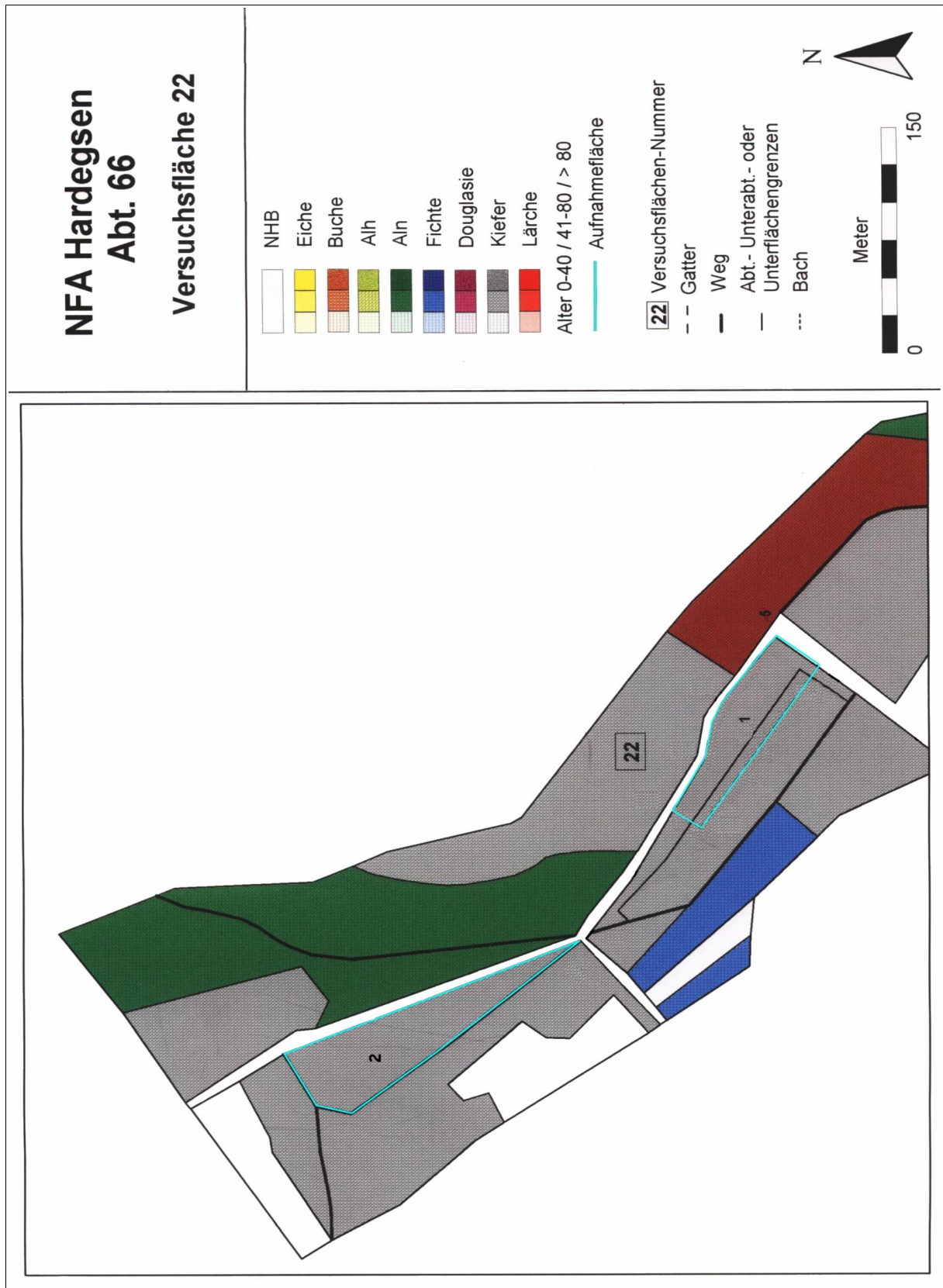
### ***A 2.3 Untersuchungen zur Häufigkeit des Nageschadensauftretens im Zusammenhang mit morphologischen Bestandesmerkmalen und dem Lichtregime***

#### ***Übersichtskarten und Schadensdiagramme***

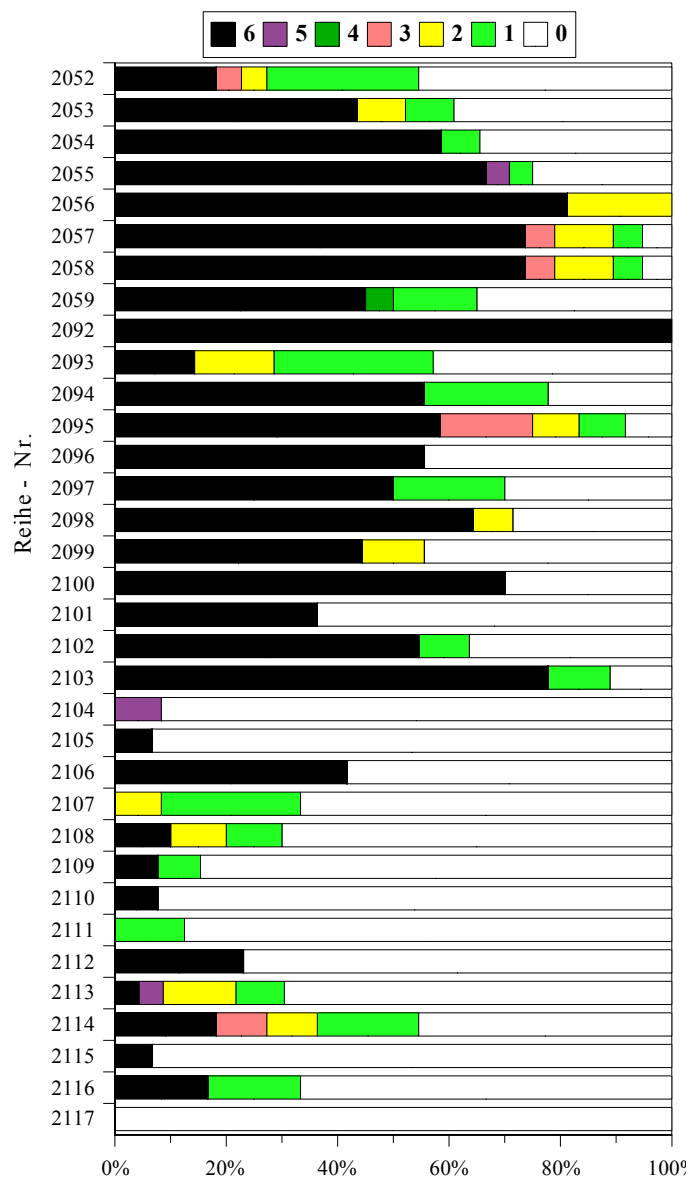
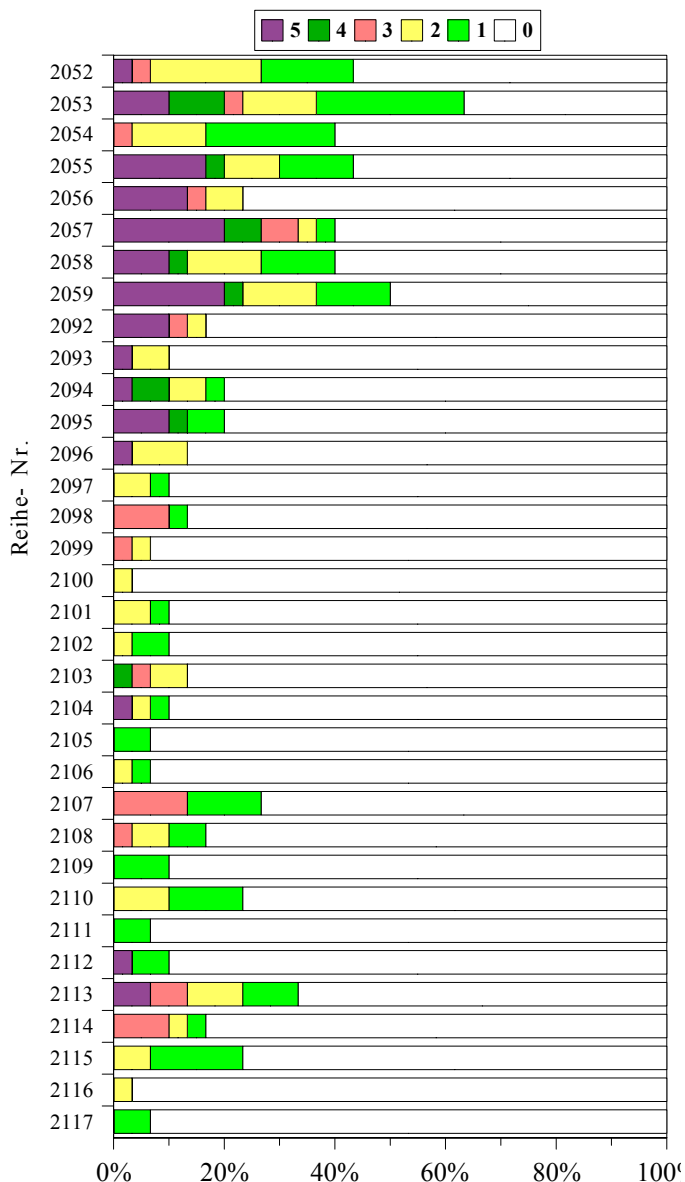
Im Folgenden finden sich Übersichtskarten zu den Versuchsfeldern und die zugehörigen Diagramme der Einzelplotaufnahmen, wobei auf die Diagrammdarstellung derjenigen Flächen, auf denen keine Mäusenageschäden aufgetreten waren, verzichtet wurde.

Soweit als möglich stehen jeweils die Aufnahmeergebnisse des ersten Aufnahmejahres (direkt nach Schadenseintritt) und die des Folgejahres einander gegenüber, sodaß aus den Grafiken direkt die Entwicklung der Schadenssituation einer Fläche ablesbar ist.

Gegenüber der Erstaufnahme ist bei der zweiten Aufnahme eine weitere Schadenskategorie hinzugekommen, die durch die Farbe Schwarz markiert wird: Schadstufe 6 = abgestorben.



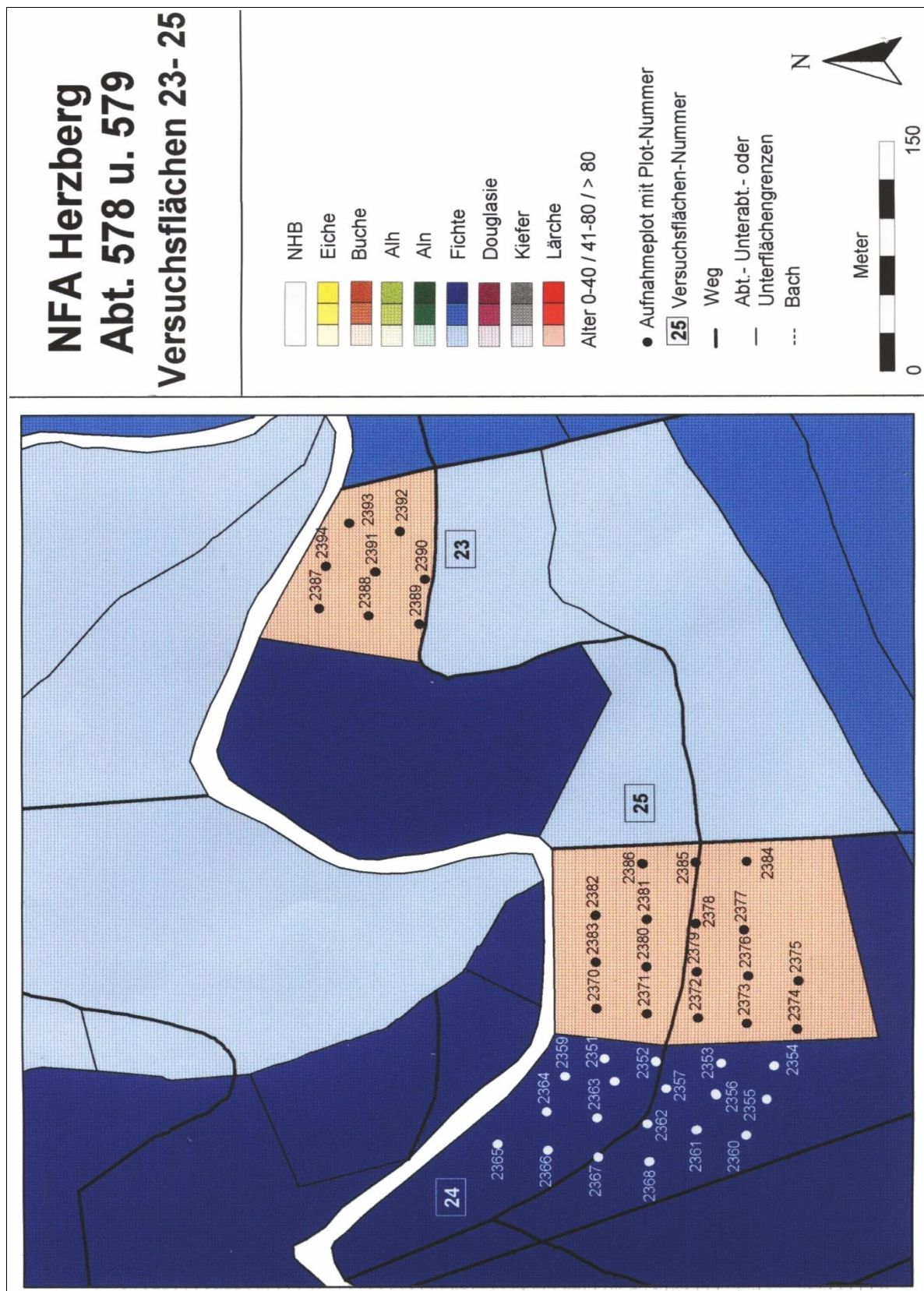
**Abb. A 2.4** : Versuchsfläche Nr. 22



**Abb. A 4.1 :** Versuchsfläche Nr. 22 (Foa Hardeggen, RFö Leisenrode Abt.66) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5 und geordnet nach geographischer Lage der Aufnahmelinien. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt.

**Abb. A 4.2 :** Versuchsfläche Nr. 22 Verteilung der Mäuseschäden auf die Aufnahmereihen, Zweitaufnahme 1997, differenziert nach Schadgraden 0 -5 wie im Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.





**Abb. A 2.5:** Versuchsflächen Nr. 23 - 25

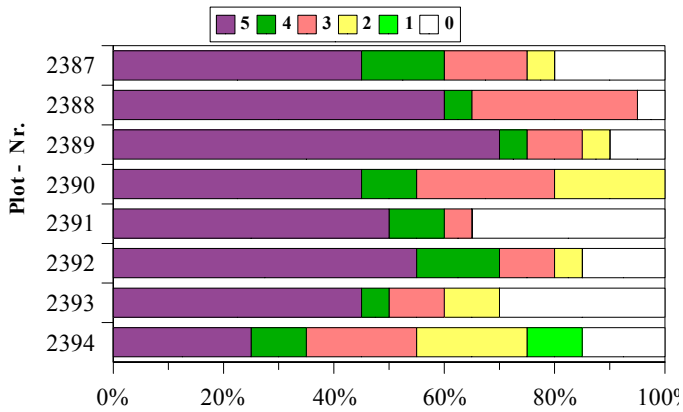


Abb. A 4.3 : Versuchsfläche Nr. 23 (Foa Herzberg, Abt.578b3) Verteilung der Mäuseschäden 1996

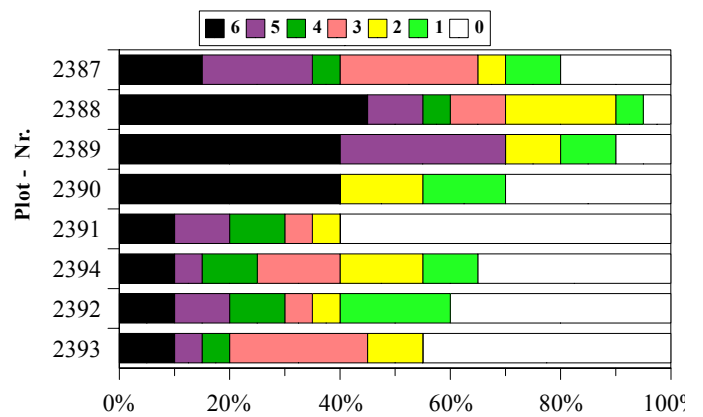


Abb. A 4.5 : Versuchsfläche Nr. 23 (Herzberg, Abt. 578b3) Verteilung der Mäuseschäden , Zweitaufnahme 1997,

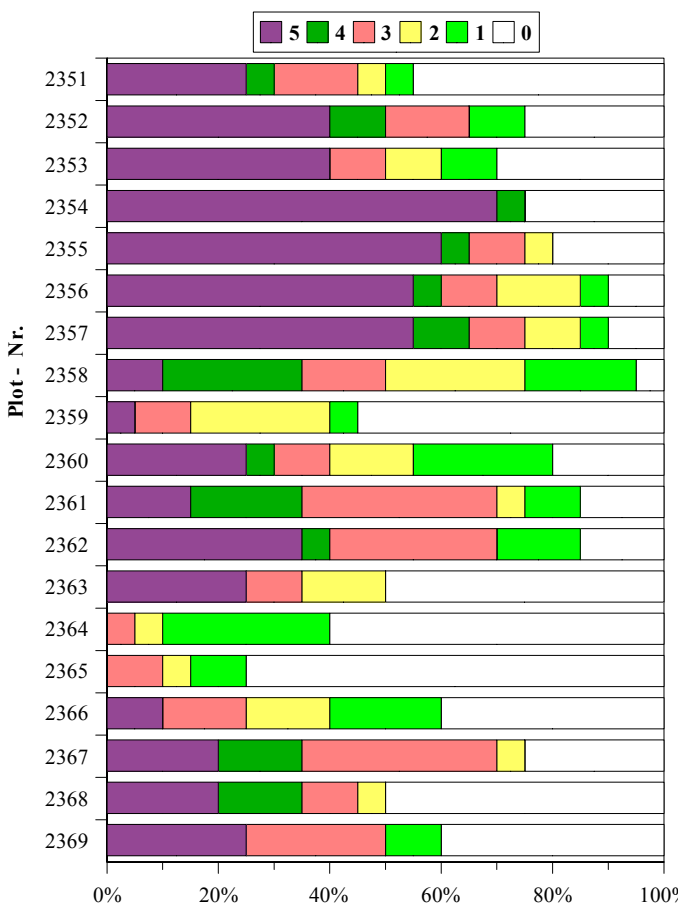


Abb. A 4.4 : links: Versuchsfläche Nr. 24 (Foa Herzberg Abt.578b1) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5, geordnet nach Plot-Nummern. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt.

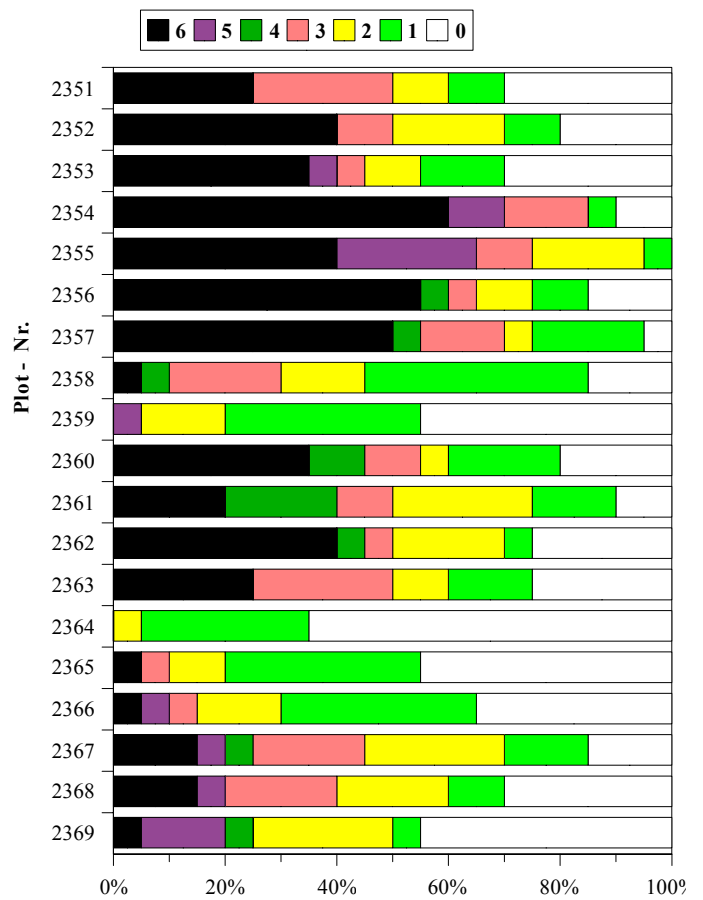
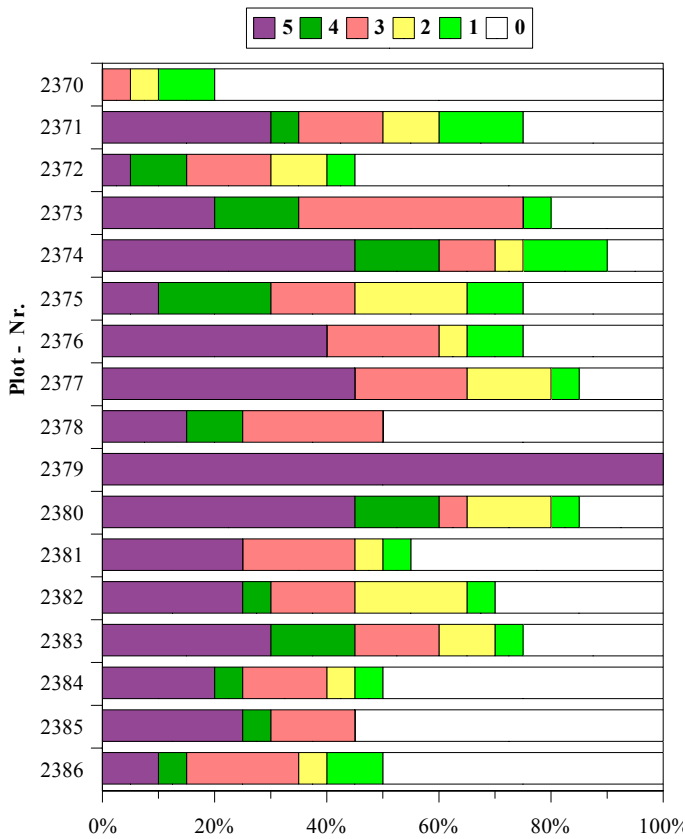
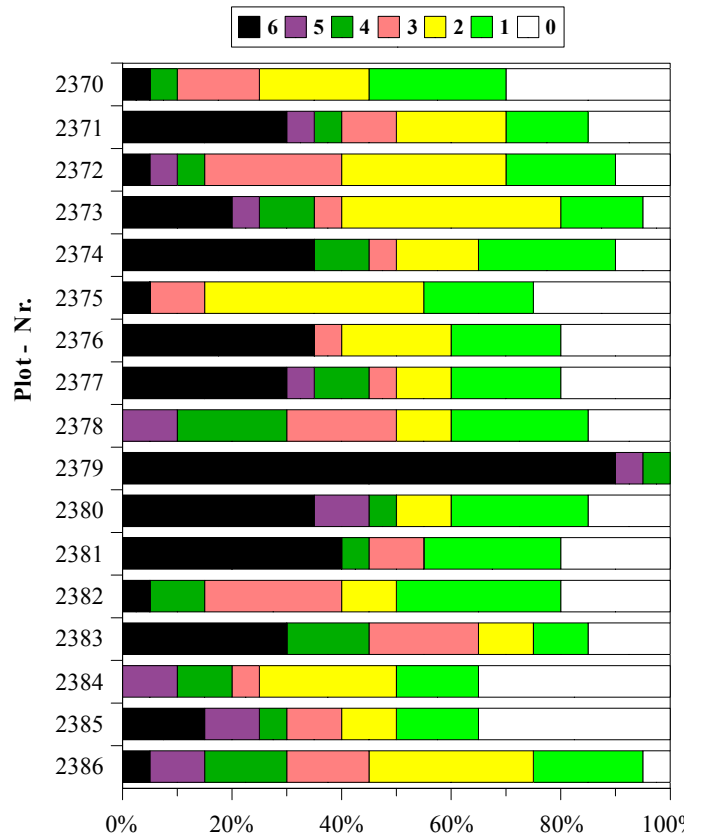


Abb. A 4.6 : rechts: Versuchsfläche Nr. 24 (Herzberg, Abt.578b1) Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, Zweitaufnahme 1997, Schadgrade 0 - 5 : wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.



**Abb. A 4.7 : Versuchsfäche Nr. 25 (Foa Herzberg Abt.579b2) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5, geordnet nach Plot-Nummern. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt.**



**Abb. A 4.8 : Versuchsfäche Nr. 25 (Herzberg, Abt. 579b2) Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, Zweitaufnahme 1997, differenziert nach Schadgraden 0 - 6, geordnet nach Plot-Nummern. Schadgraden 0 - 5 : wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.**



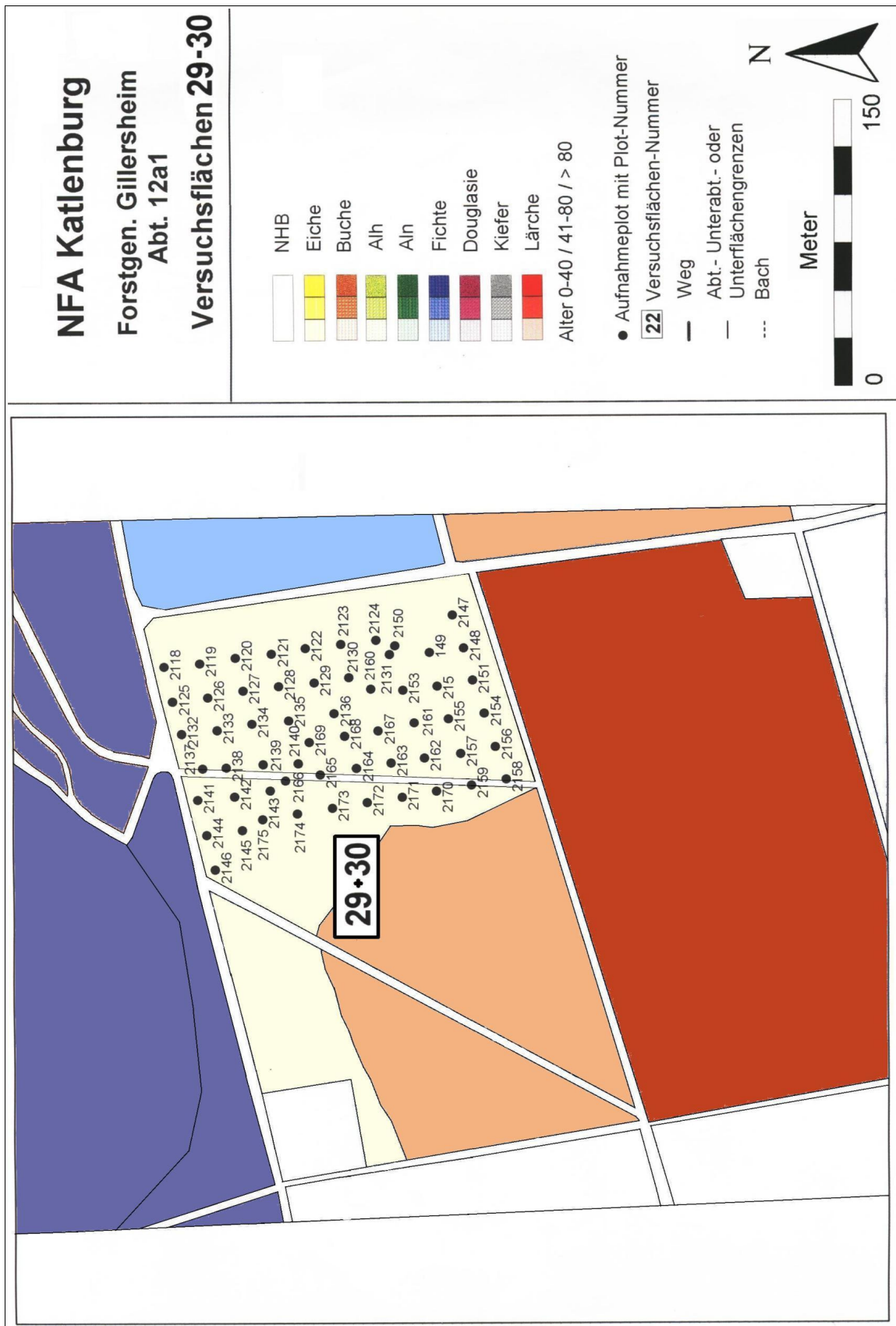
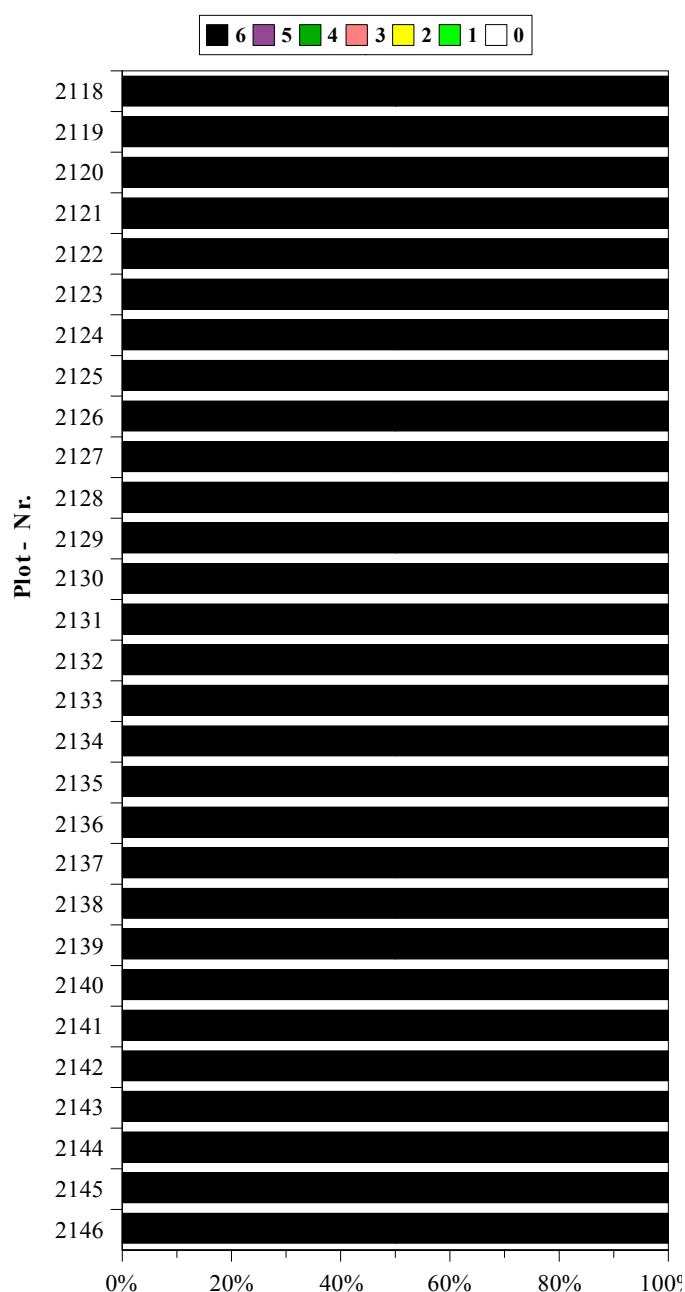
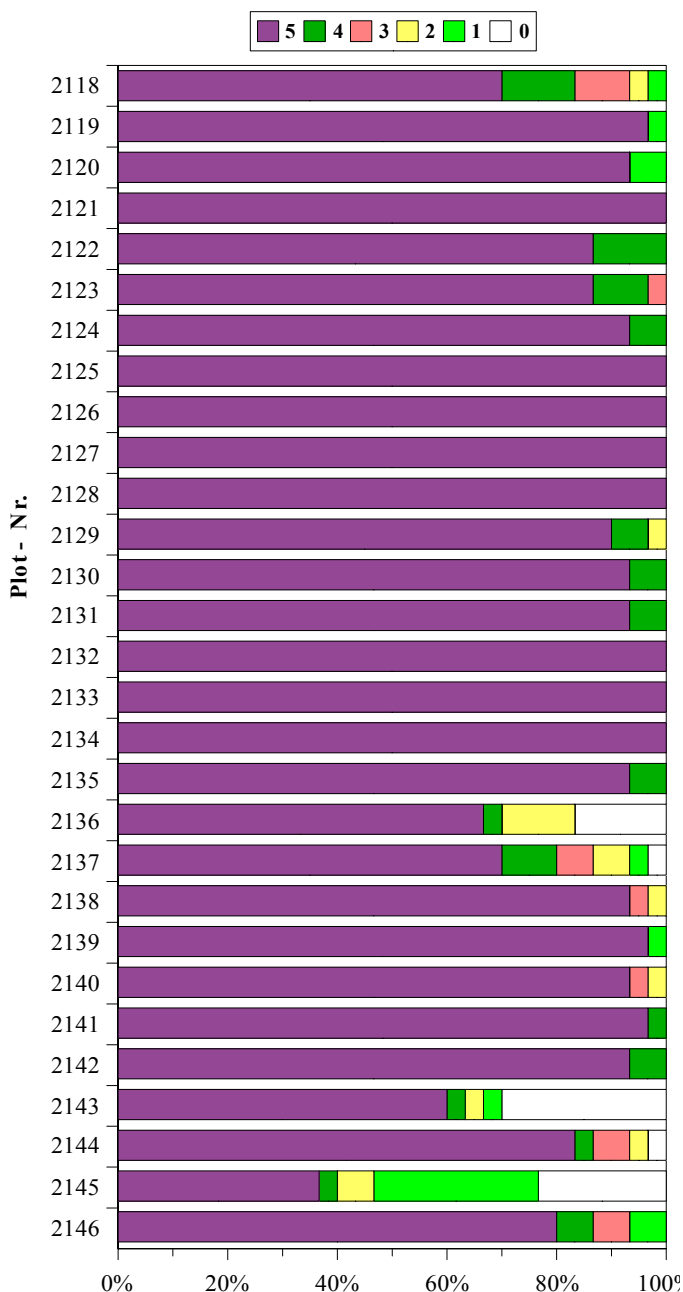
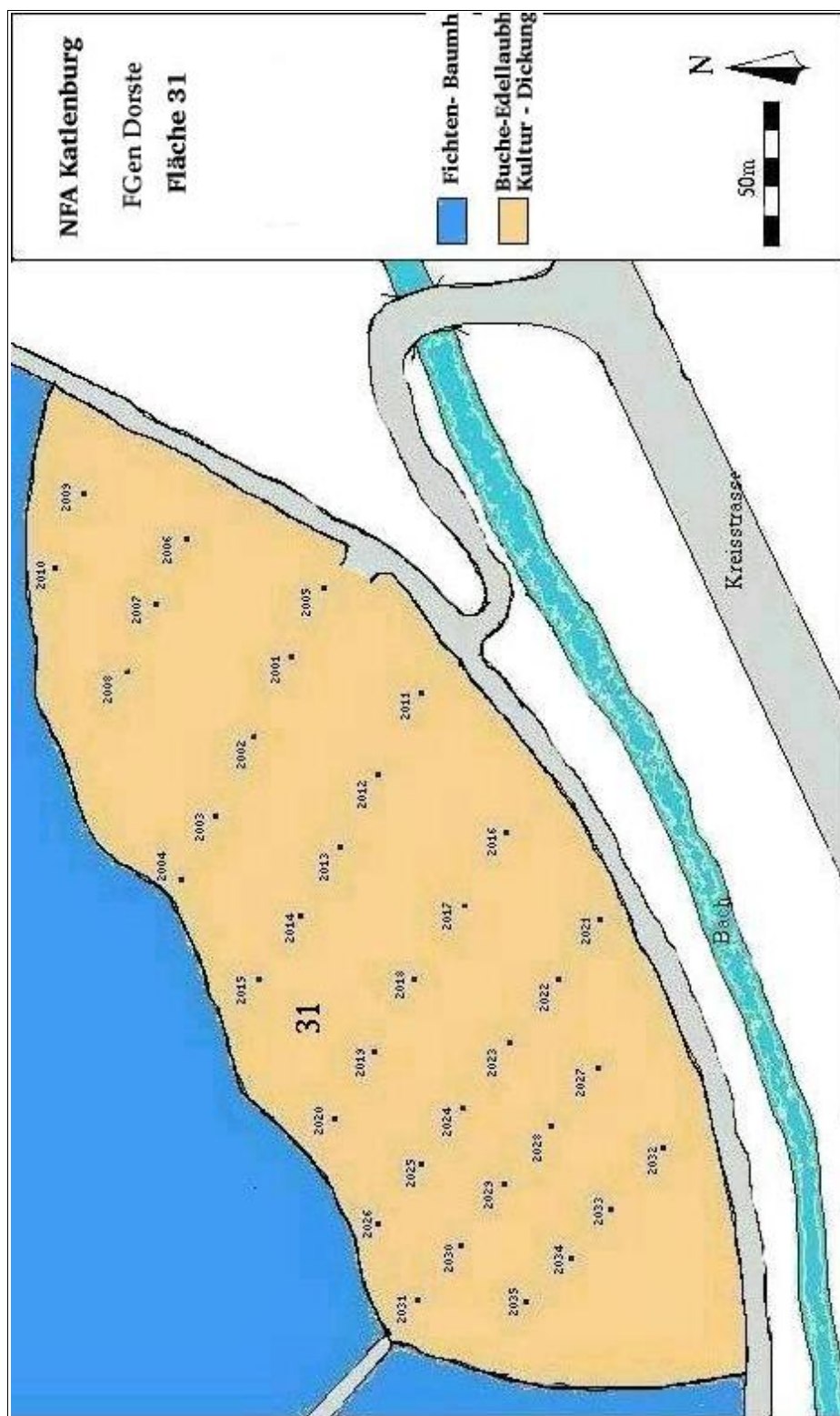


Abb. A 2.7.: Versuchsflächen Nr. 29 und 30

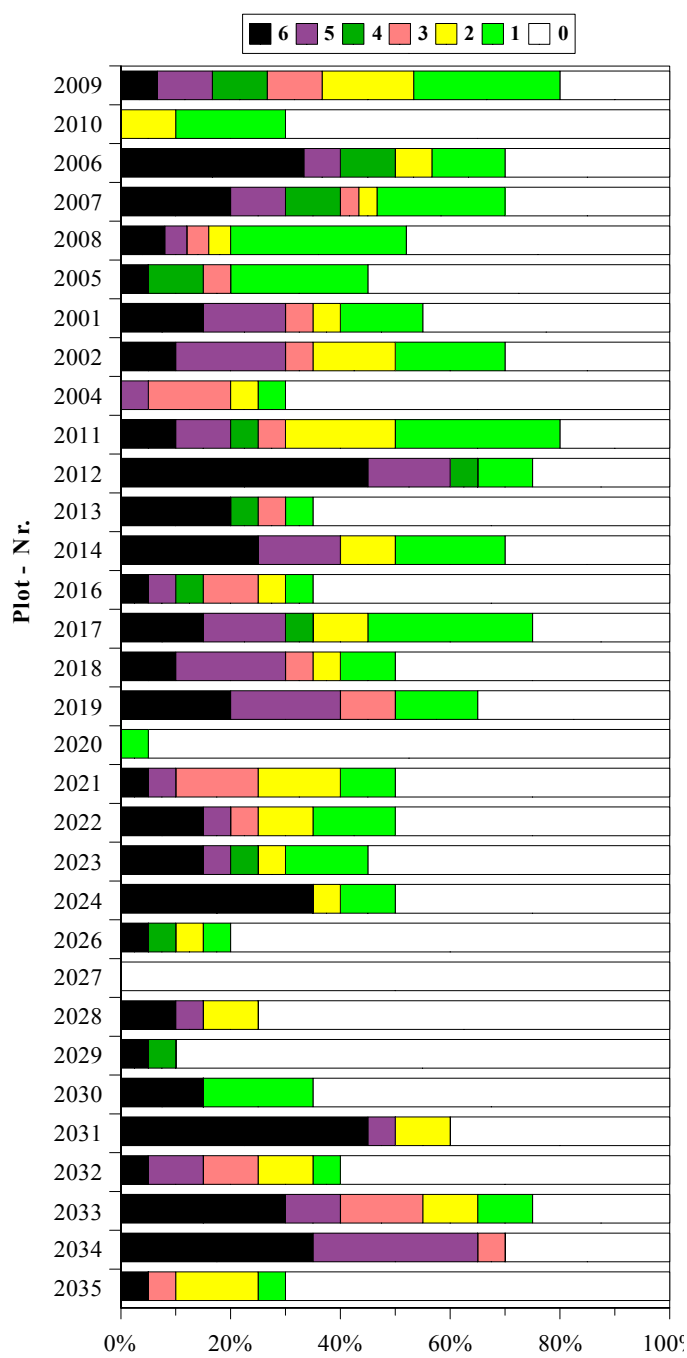
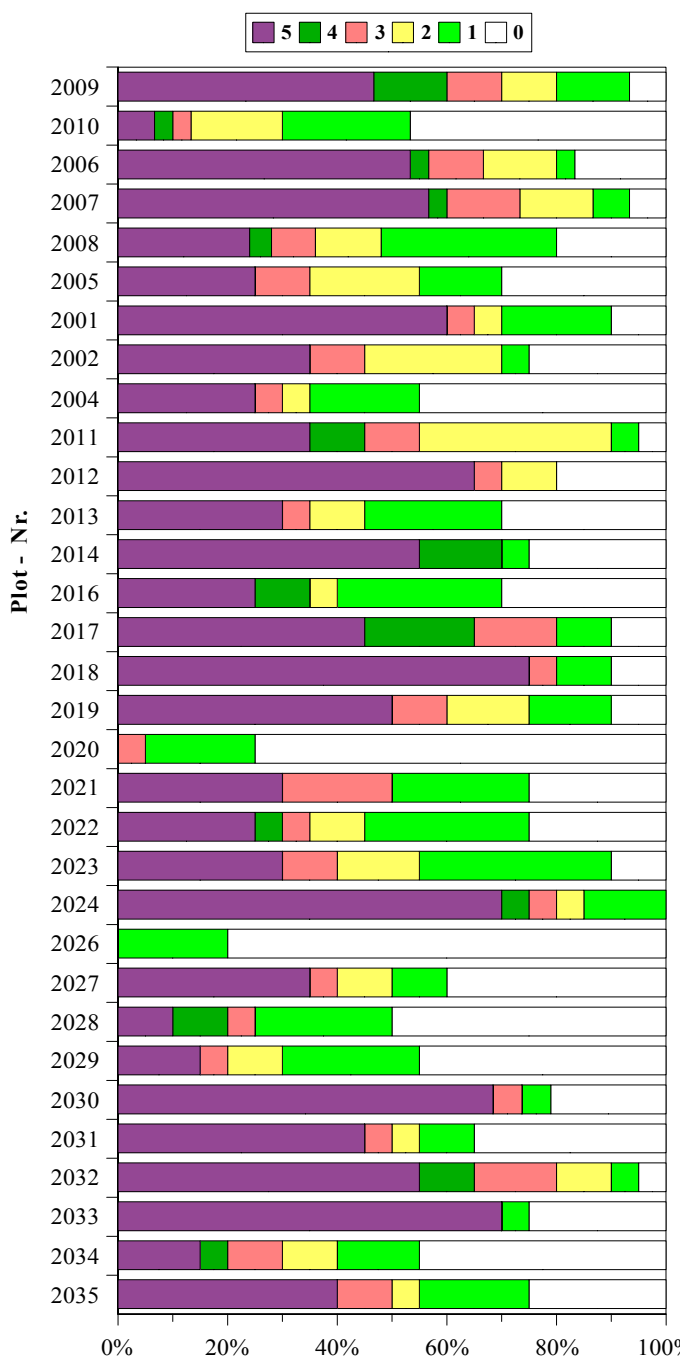


**Abb. A 4.9 : Versuchsfäche Nr. 29 & 30 (Foa Katlenburg, RFö Gillersheim Abt.12) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5, geordnet nach Plot-Nummern. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfanges entrindet bis völlig abgenagt.**

**Abb. A 4.10: Versuchsfäche Nr. 29 & 30 (Foa Katlenburg, RFö Gillersheim Abt.12) Verteilung der Mäuseschäden 1997 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 -5 : wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben. Schadenszeitpunkt: Winter 1995/96. 100% Ausfall sind nur indirekt den Mäusen anzulasten, da die Fläche komplett neu bepflanzt wurde, tatsächlich waren durch die Mäuse direkt "nur" 89,1% der Pflanzen letal bzw. insgesamt 96,8% schwer geschädigt worden.**



**Abb. A2.8:** Übersichtskarte zu Versuchsfläche Nr. 31 (Plotaufnahmen)



**Abb. A 4.11 : Versuchsfäche Nr. 31 (Foa Katlenburg, FGen Dorste) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5; geordnet nach Plot-Nummern. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt.**

**Abb. A 4.12 : Versuchsfäche Nr. 31 Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, Zweitaufnahme 1997, differenziert nach Schadgraden 0 -5 : wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.**



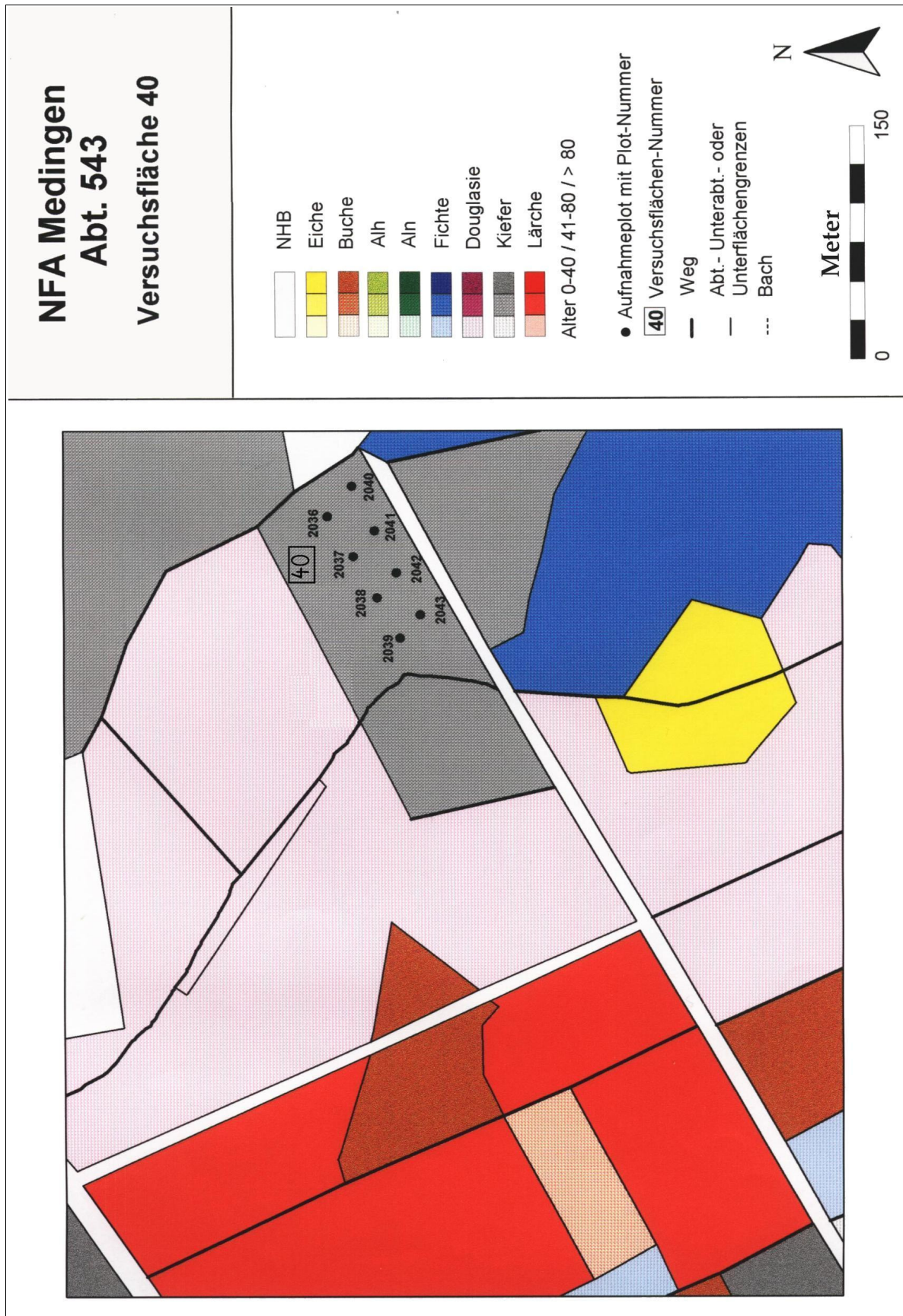


Abb. A 2.9 : Versuchsfläche Nr. 40

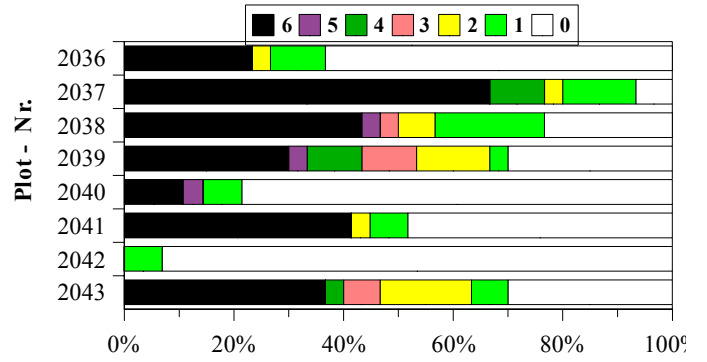
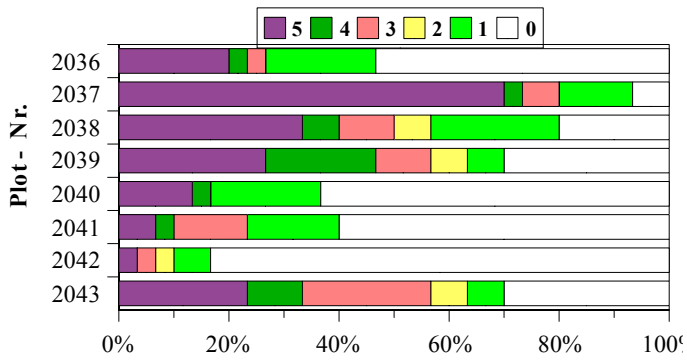
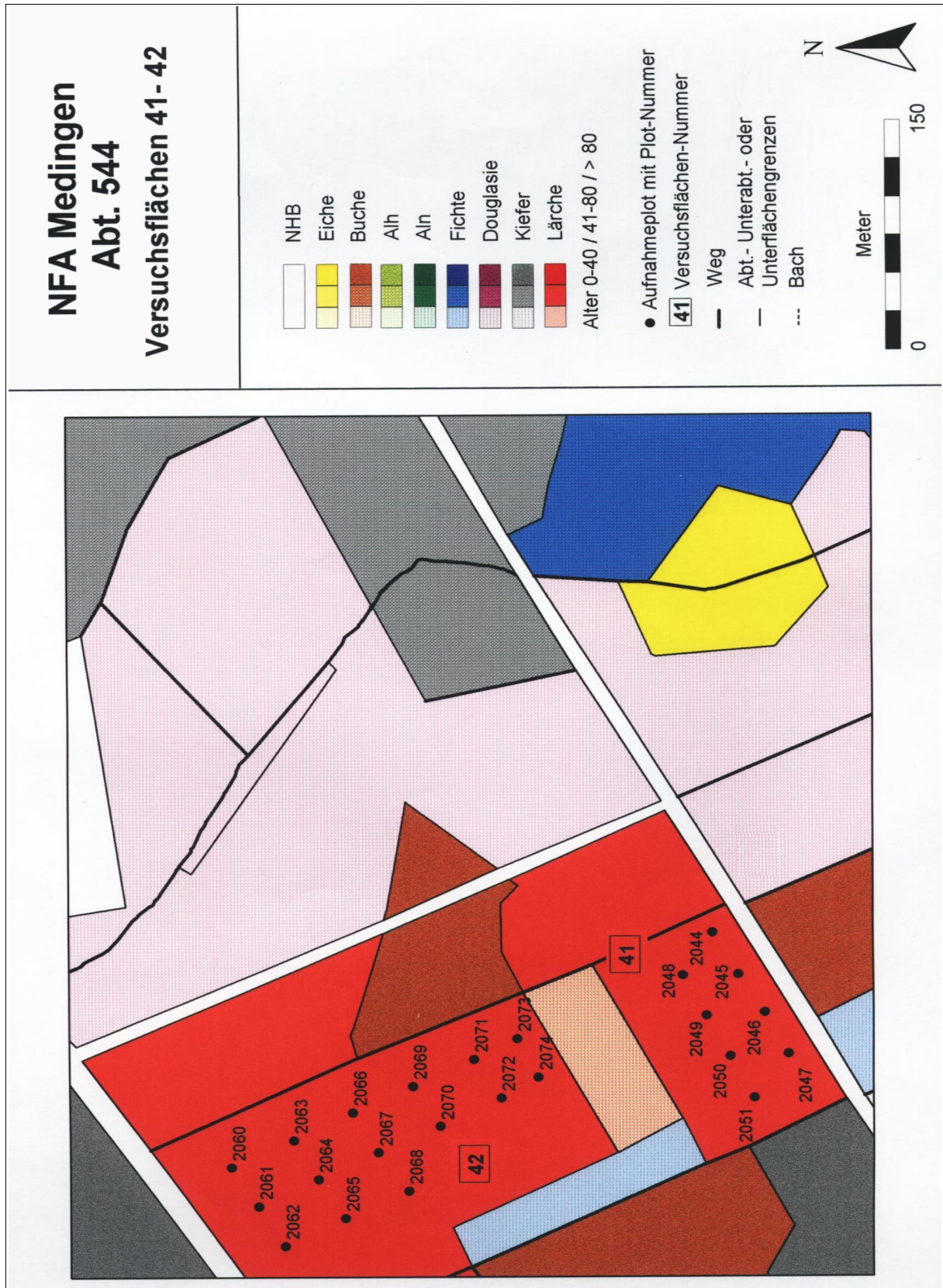
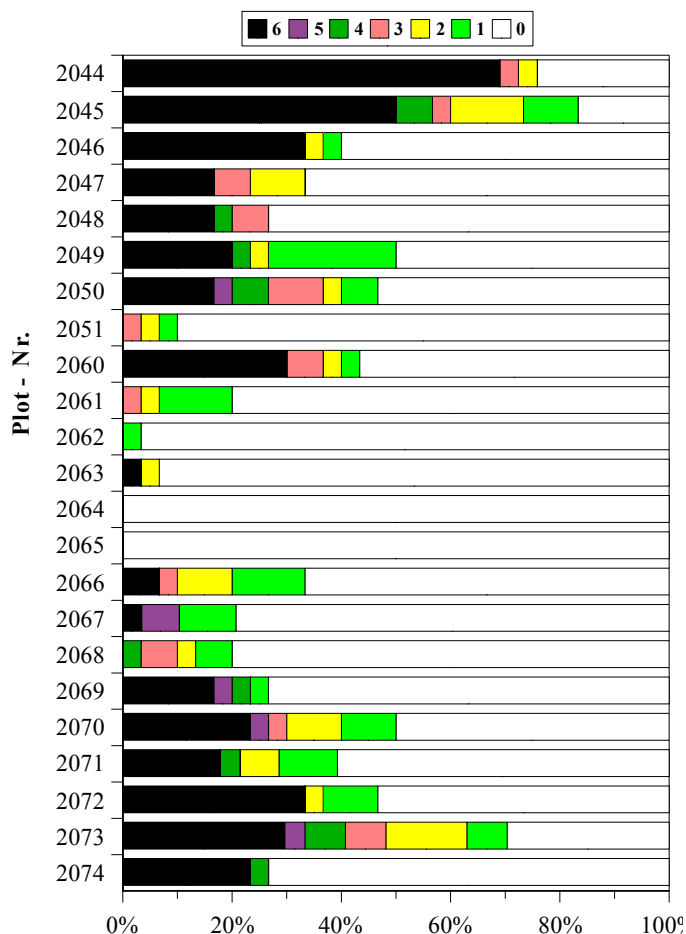
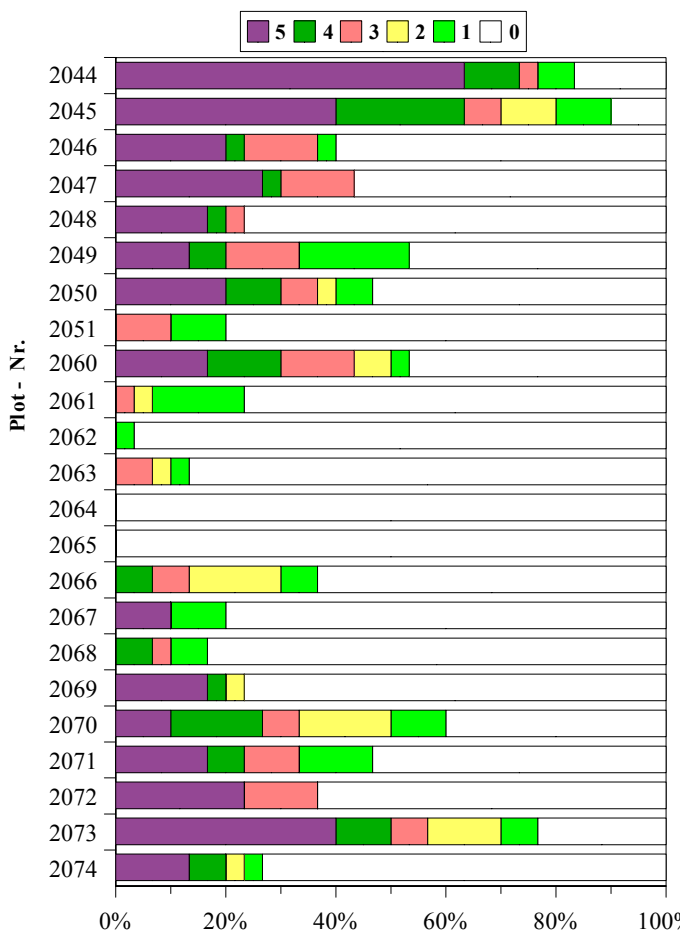


Abb. A 4.13 : Versuchsfläche Nr. 40 (Foa Medingen Abt.543a1) Verteilung der Mäuseschäden 1996

Abb. A 4.15 : Versuchsfläche Nr. 40 (Medingen, Abt. 543a1) Verteilung der Mäuseschäden 1997

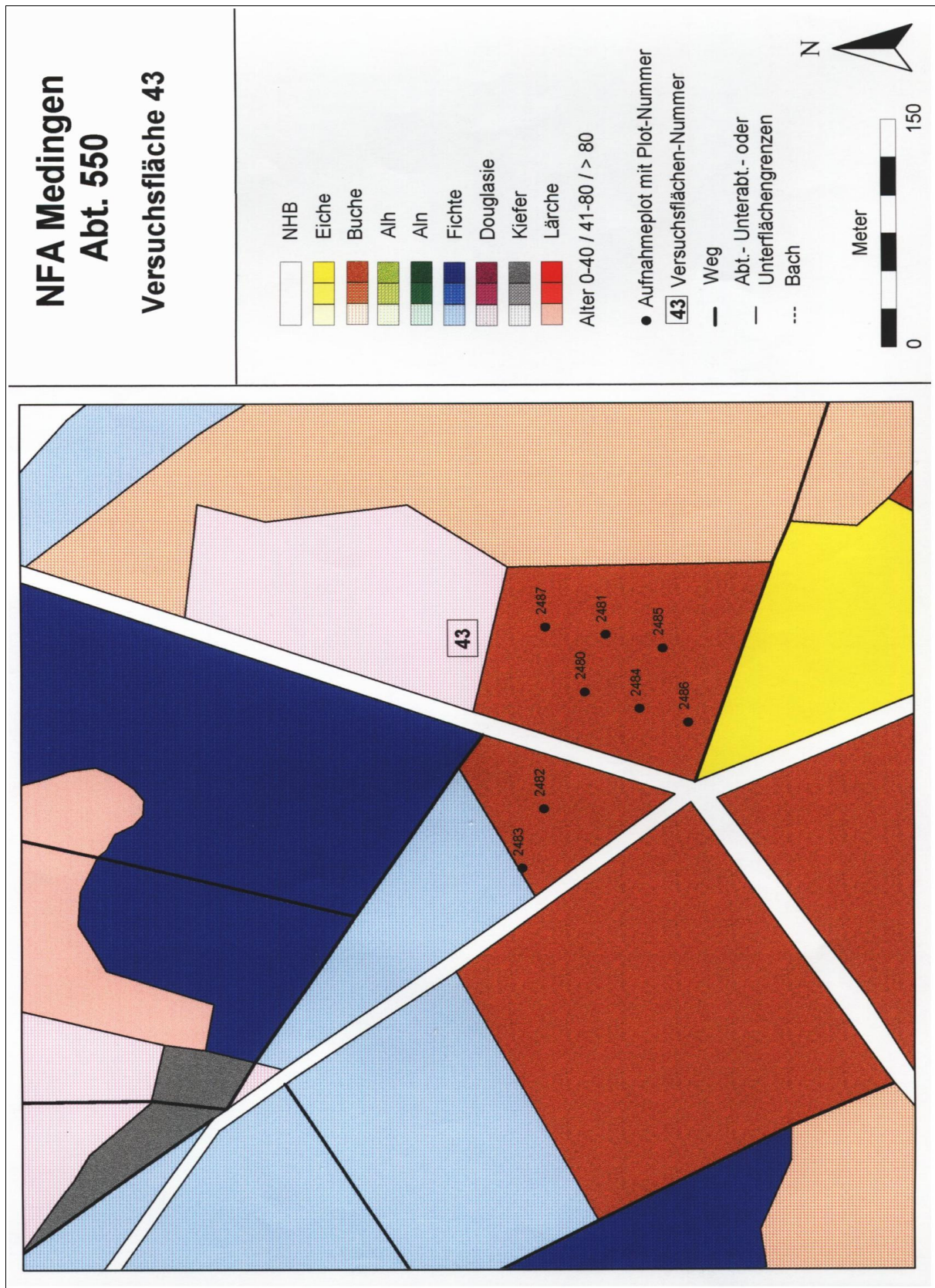


*Abb. A 2.10 : Versuchsflächen Nr. 41 und 42*



**Abb. A 4.14 : Versuchsfäche Nr. 41+42 (Foa Medingen Abt.544b1) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt.**

**Abb. A 4.16 : Versuchsfäche Nr. 41 + 42 (Medingen, Abt.544b1) Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, Zweitaufnahme 1997, differenziert nach Schadgraden 0 -5 : wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.**



*Abb. A 2.11 : Versuchsfläche Nr. 43 (keine Mäuseschäden zu finden)*

## **Keine Schäden**

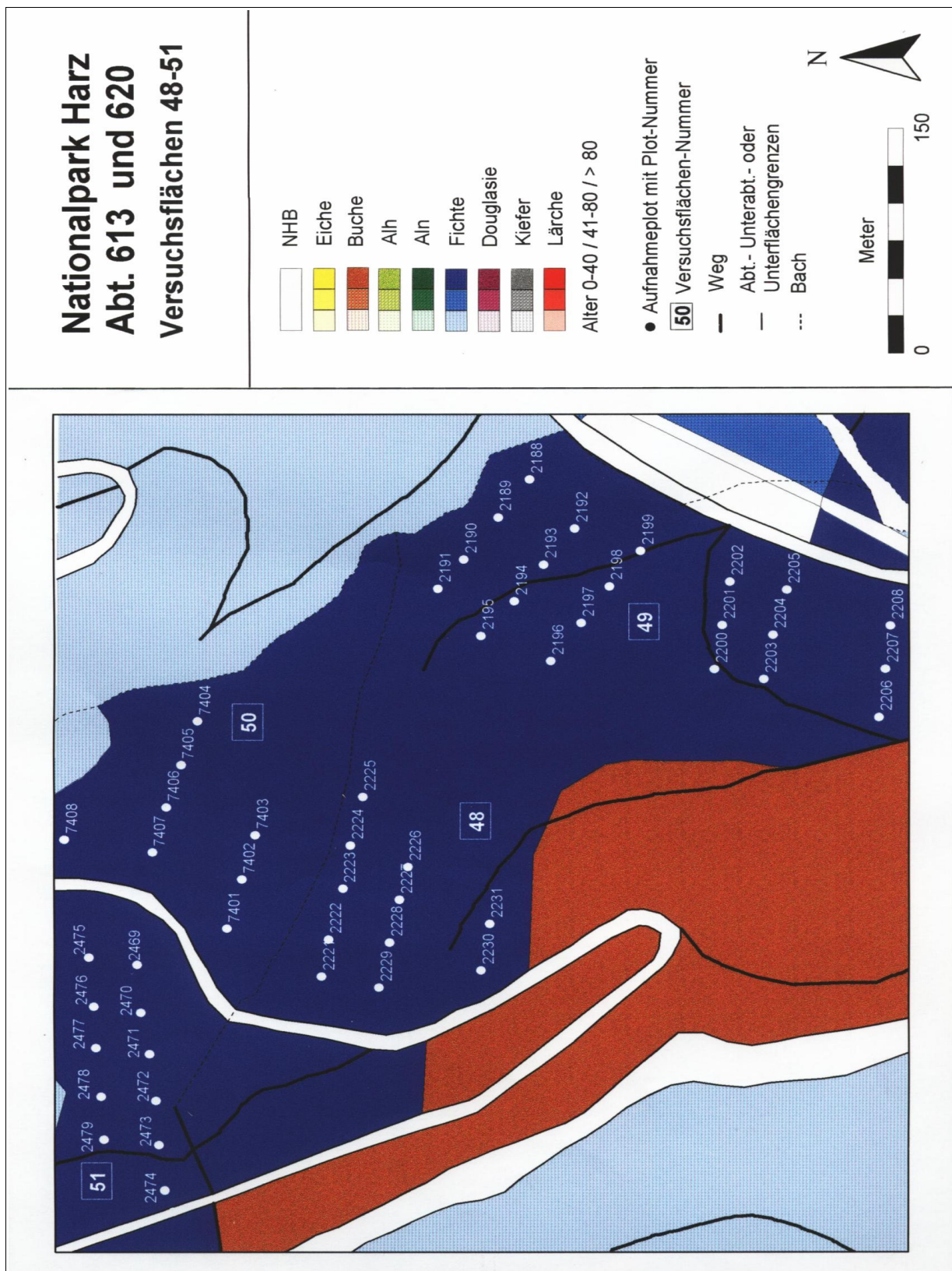
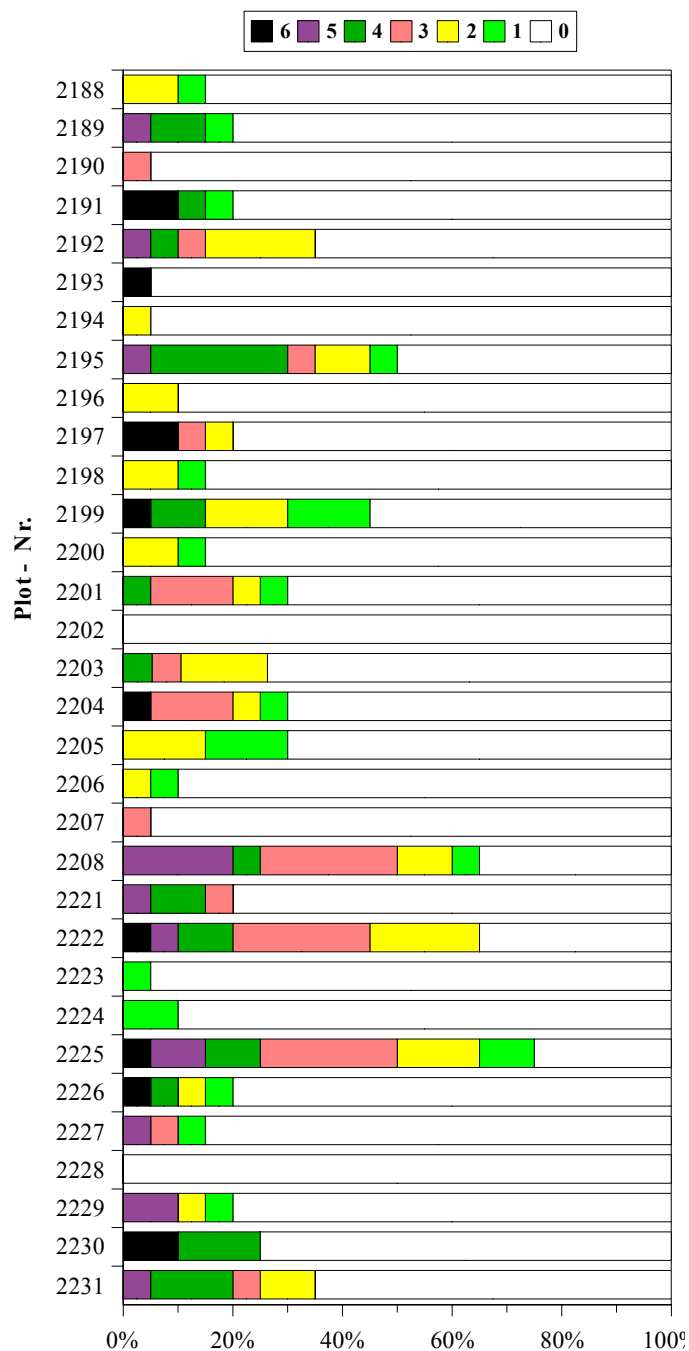
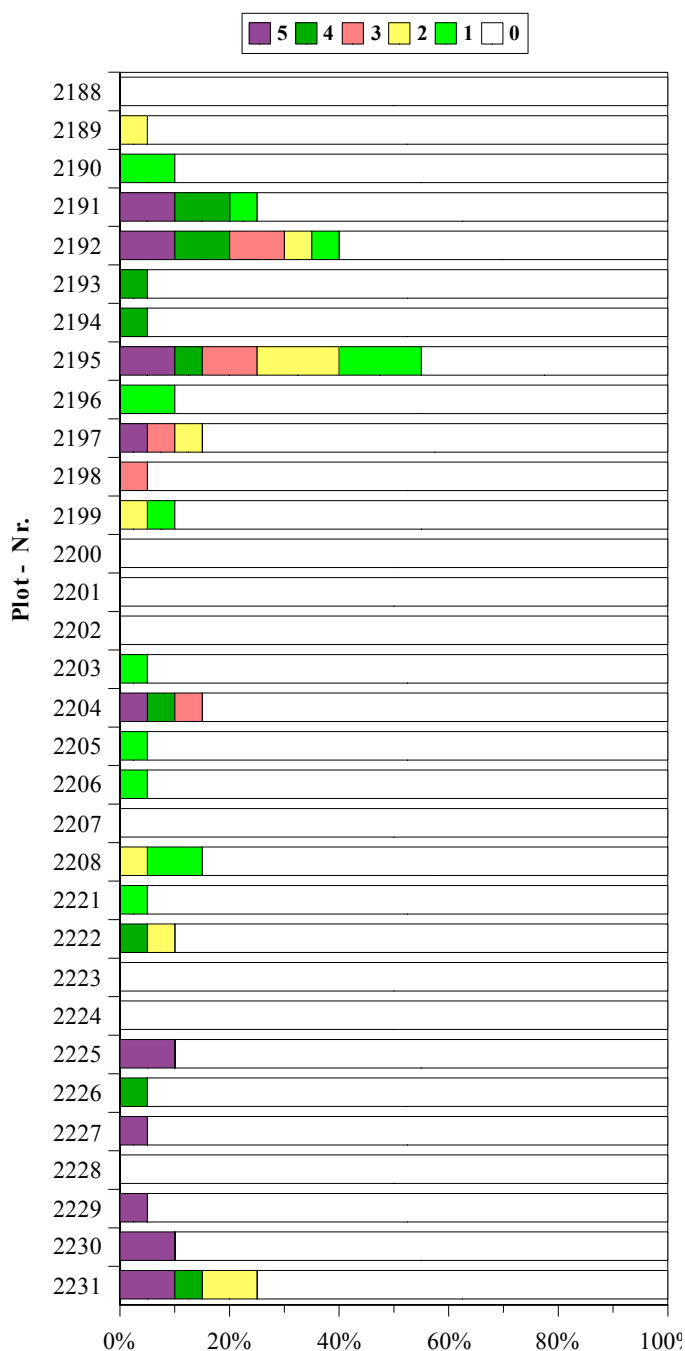


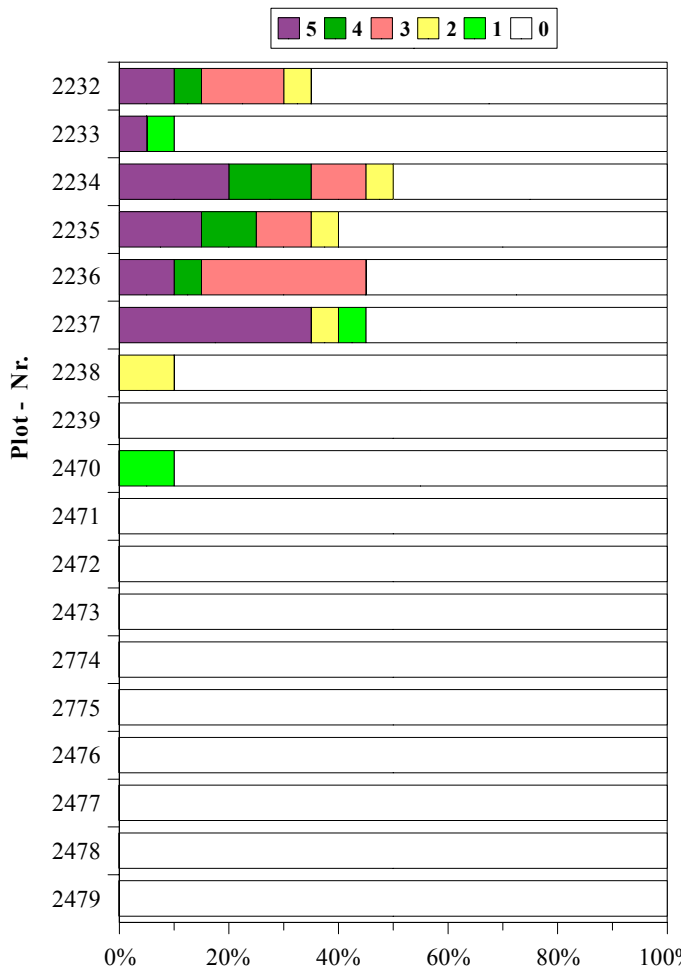
Abb. A 2.12: Versuchsflächen Nr. 48 -51



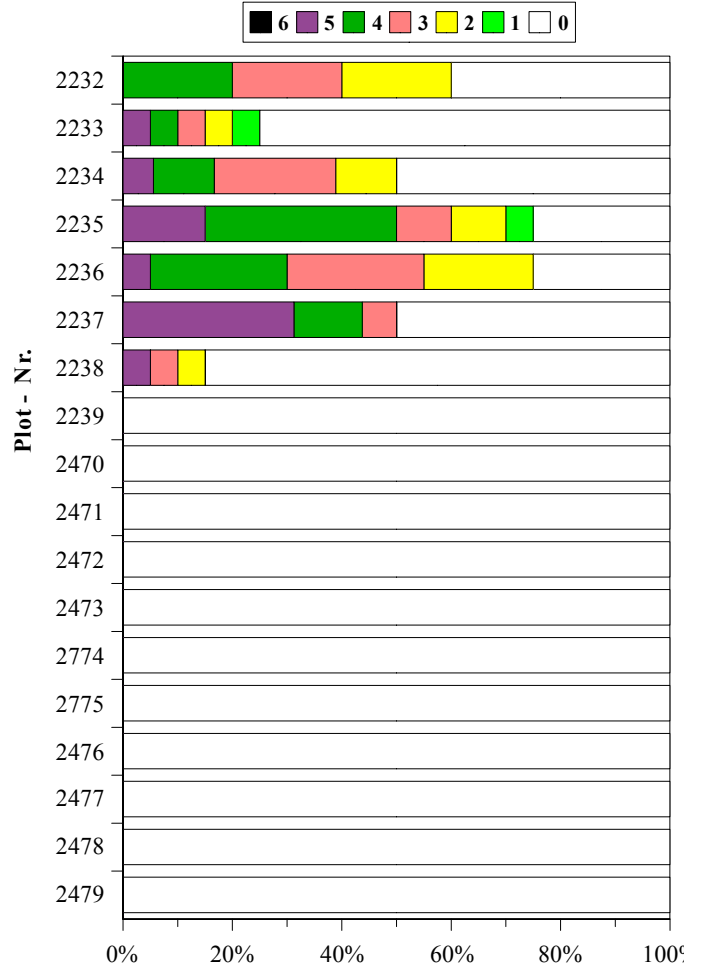
**Abb. A 4.17 : Versuchsfäche Nr. 48 & 49**  
 (Nationalpark Harz, Abt.43a1) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5, geordnet nach Plot-Nummern. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfanges entrindet bis völlig abgenagt.

**Abb. A 4.18 : Versuchsfäche Nr. 48 & 49**  
 (Nationalpark Harz, Abt.43a1) Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, **Zweitenaufnahme 1997**, differenziert nach Schadgraden 0 - 5 : wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.



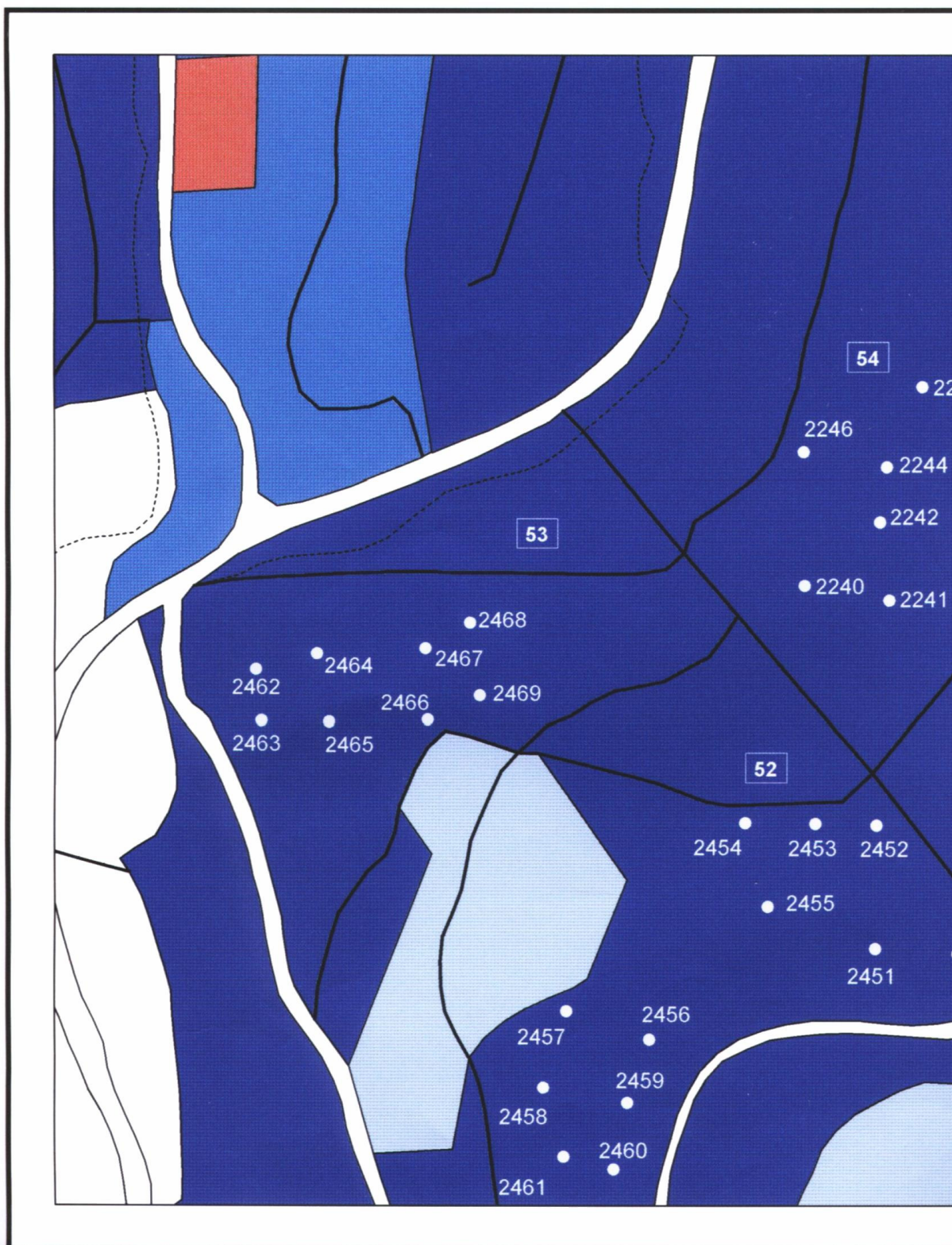


**Abb. A 4.19 : Versuchsfäche Nr. 50 (Nationalpark Harz, Abt.48a1) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5, geordnet nach Plot-Nummern. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt.**

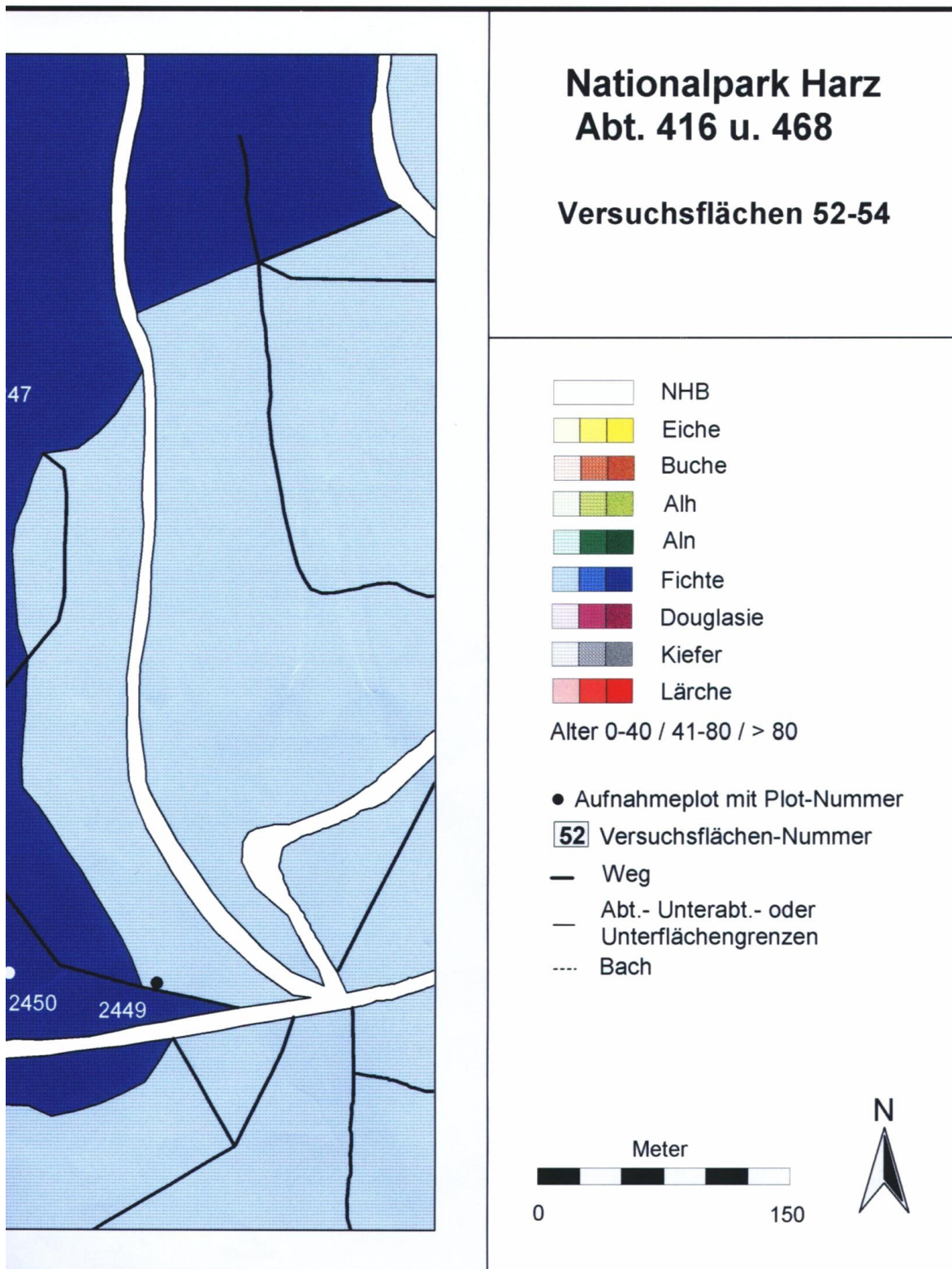


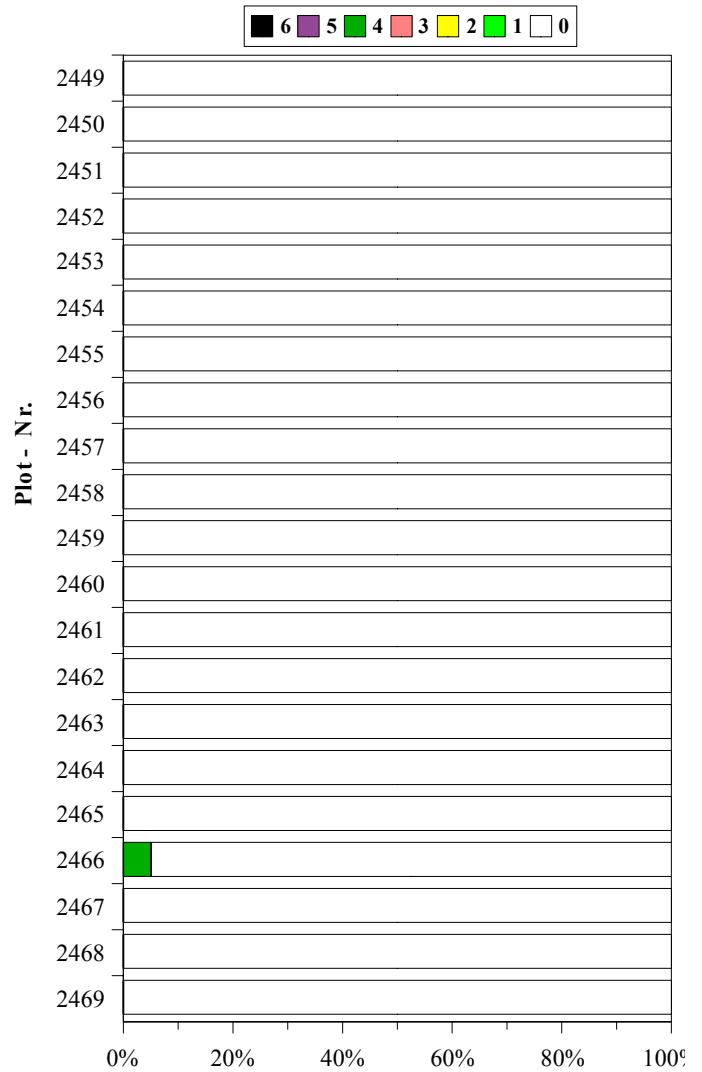
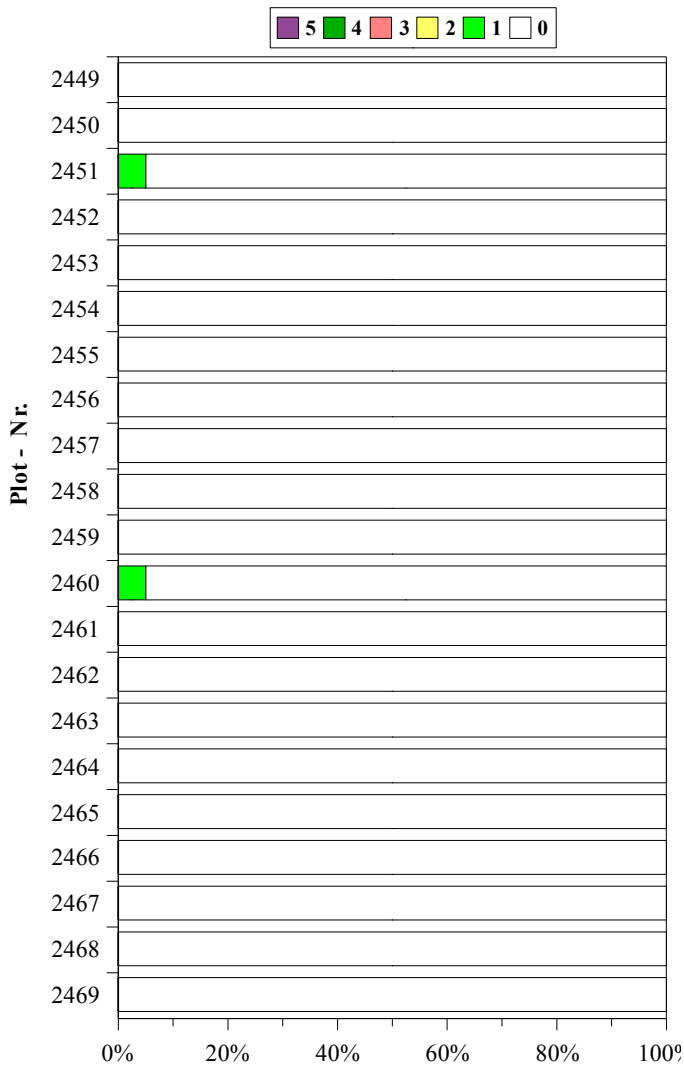
**Abb. A 4.20 : Versuchsfäche Nr. 50 (Nationalpark Harz, Abt.48a1) Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, **Zweit**aufnahme 1997, differenziert nach Schadgraden 0 - 5 : wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.**





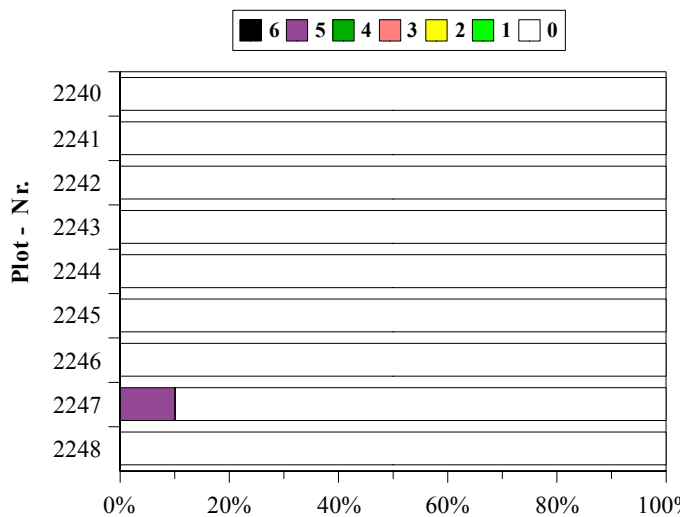
*Abb. A 2.13.: Versuchsflächen Nr. 52 -54*





**Abb. A 4.21 : Versuchsfläche Nr. 52 & 53 (Nationalpark Harz Abt.158a1) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5, geordnet nach Plot-Nummern. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfanges entrindet bis völlig abgenagt.**

**Abb. A 4.22 : Versuchsfläche Nr. 52 & 53 (Nationalpark Harz, Abt.158a1) Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, Zweitaufnahme 1997, differenziert nach Schadgraden 0 -5 : wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.**



**Abb. A 4.24 :** *Versuchsfläche Nr. 54 (Nationalpark Harz, Abt.159a1) Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, Zweitaufnahme 1997, differenziert nach Schadgraden 0 - 6, geordnet nach Plot-Nummern.*

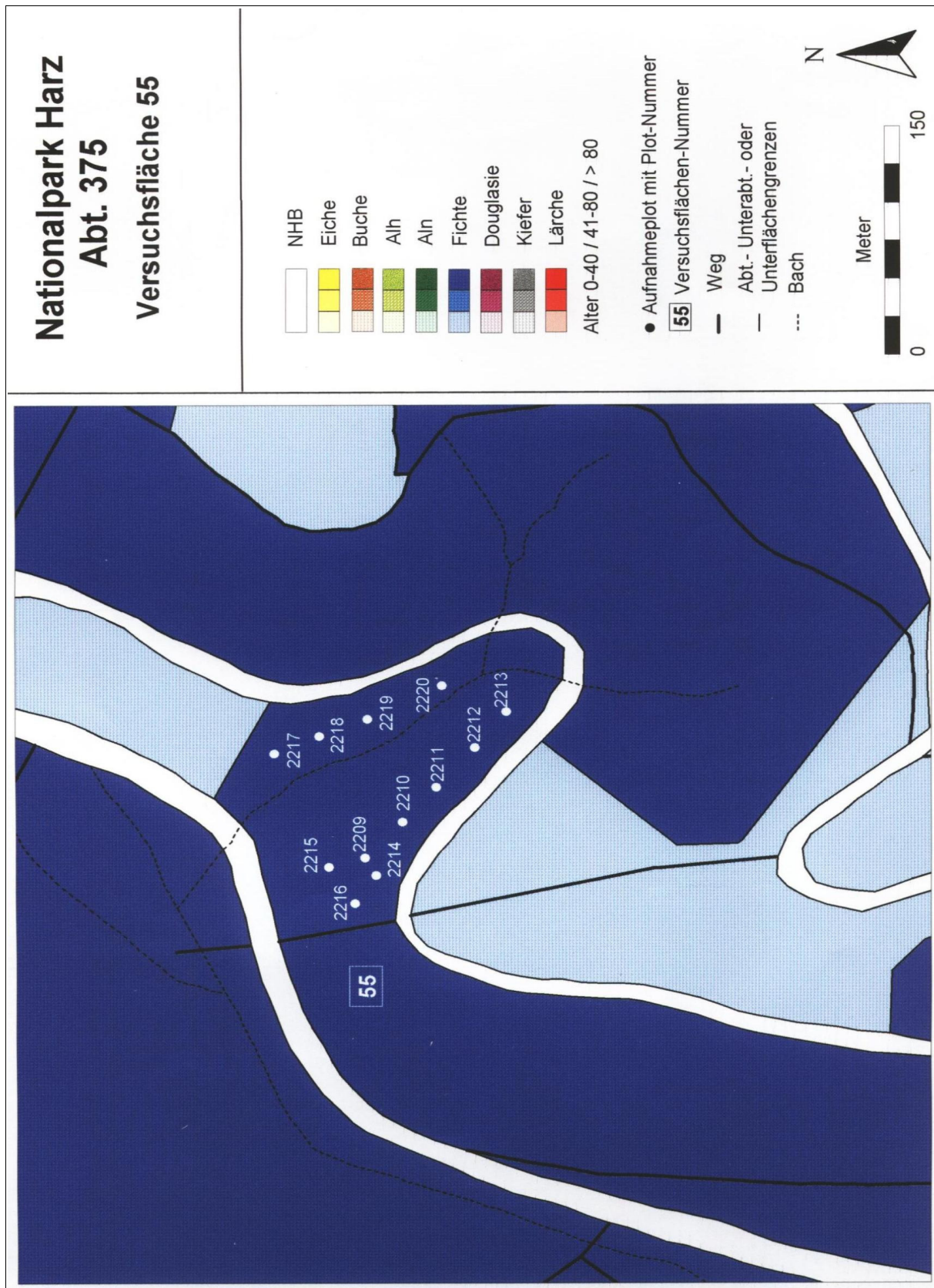
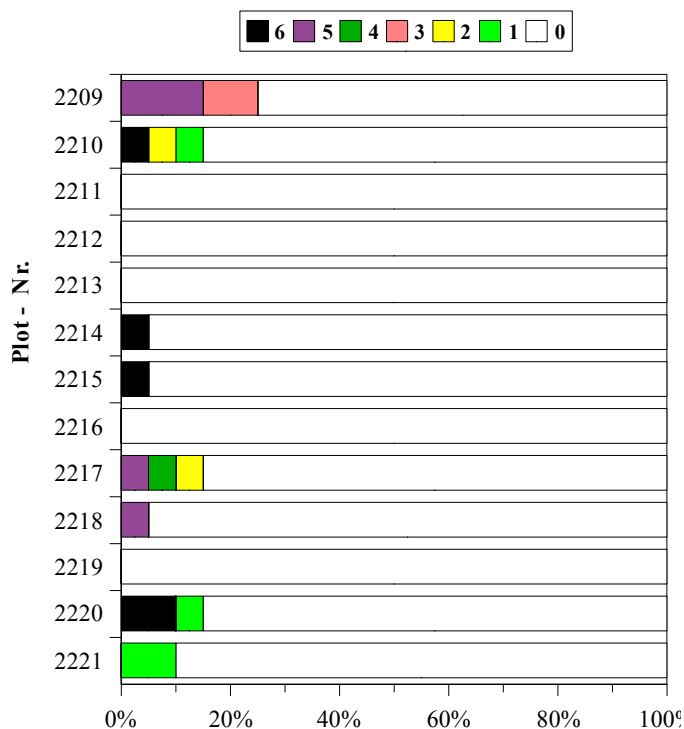
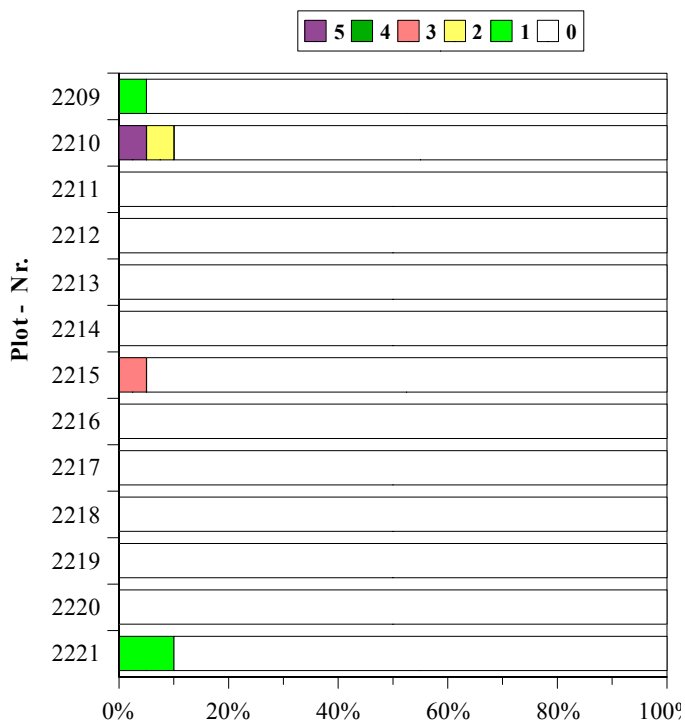


Abb. A 2.14 : Versuchsfläche Nr. 55



**Abb. A 4.23 :Versuchsfläche Nr. 55 (Nationalpark Harz, Abt.165) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5, geordnet nach Plot-Nummern**

Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt.

**Abb. A 4.25 : Versuchsfläche Nr. 55 (Nationalpark Harz, Abt.165) Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, Zweitaufnahme 1997, differenziert nach Schadgraden 0 - 5 wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.**



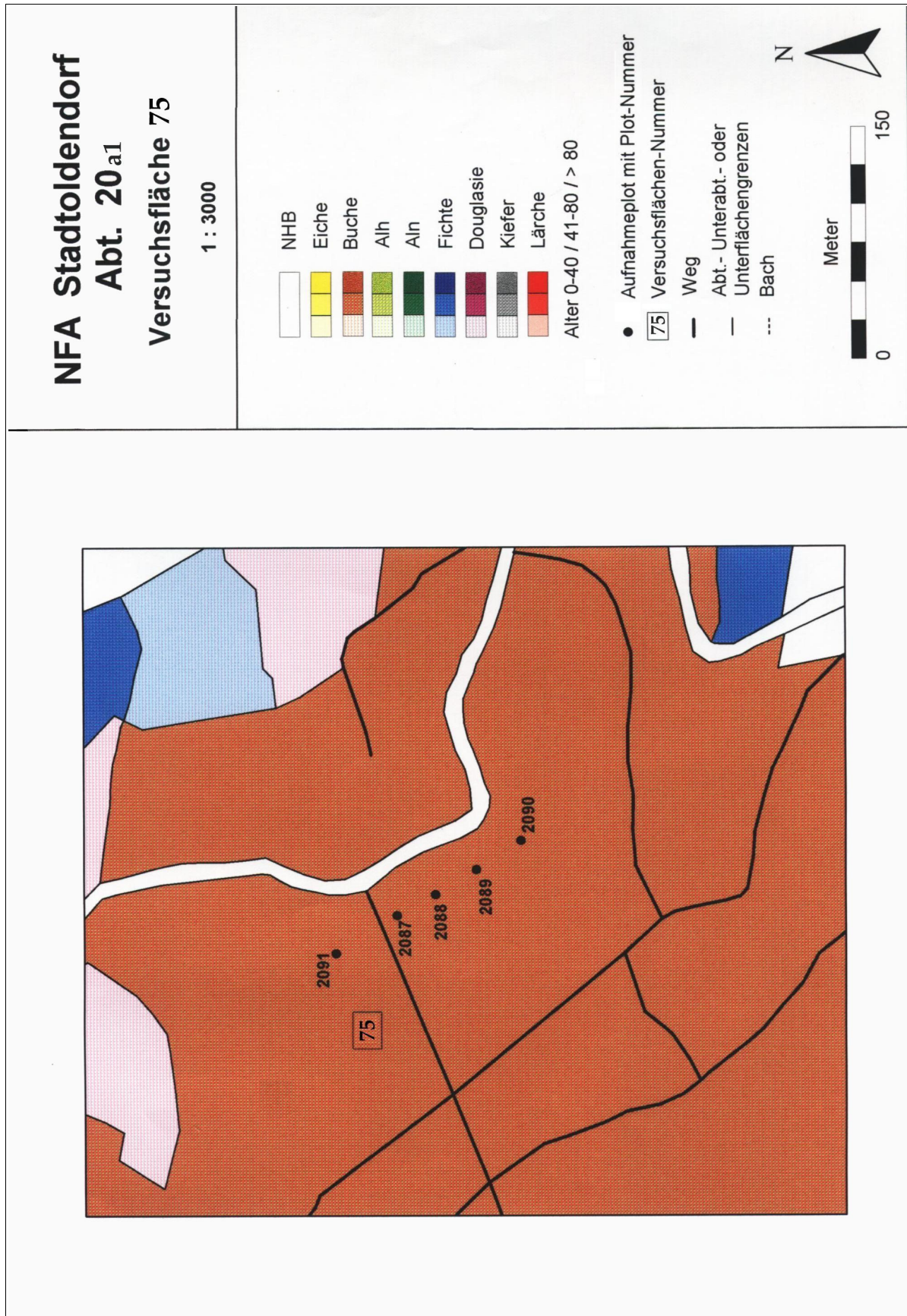
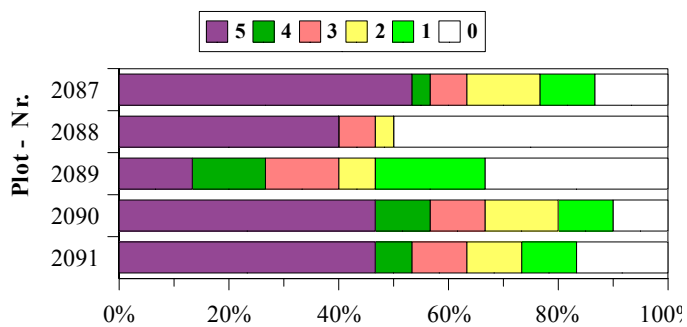


Abb. A 2.15.: Versuchsfläche Nr. 75



**Abb. A 4.26 : Versuchsfäche Nr. 75 (Foa Stadtoldendorf Abt. 20a1) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5, geordnet nach Plot-Nummern.**

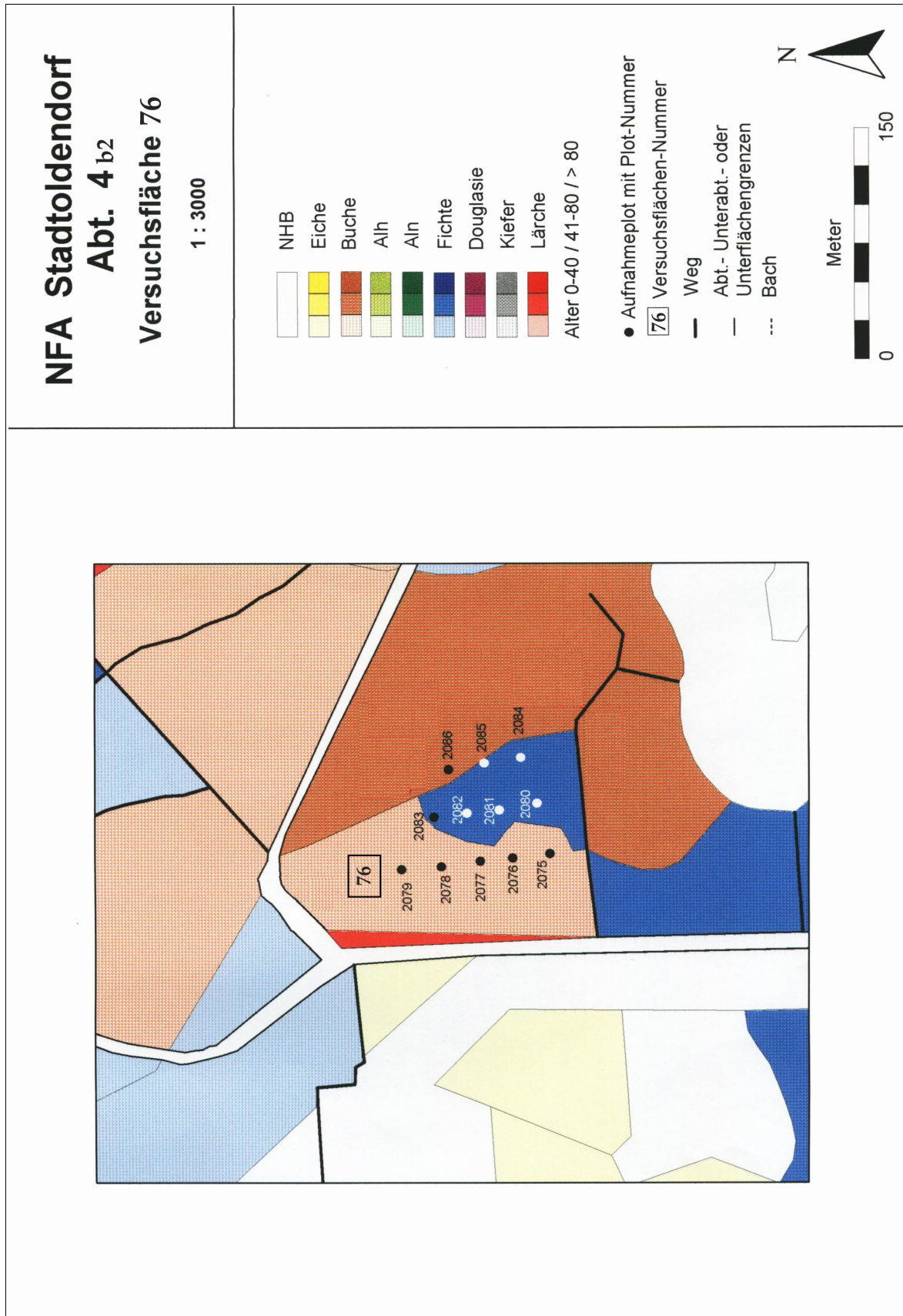
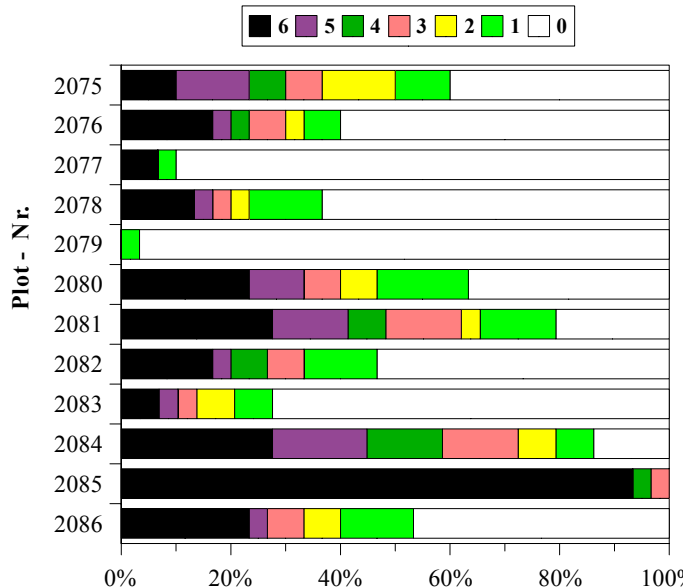
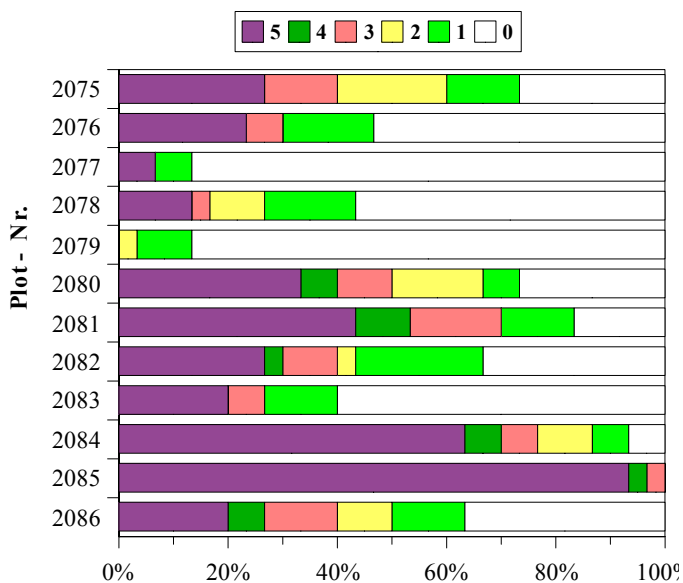


Abb. A 2.16 : Versuchsfläche Nr. 76



**Abb. A 4.27 : Versuchsfäche Nr. 76 (Stadtoldendorf, Abt. 4b2) Verteilung der Mäuseschäden 1996 auf die Einzelplots, differenziert nach Schadgraden 0 - 5, geordnet nach Plot-Nummern. Schadgrade: 0 = kein Schaden, 1 = bis 25% vom Umfang des Wurzelhalses entrindet, 2 = 25 - 50%, 3 = 50 - 75%, 4 = >75% - <100%, 5 = 100% des Wurzelhalsumfangs entrindet bis völlig abgenagt.**

**Abb. A 4.28 : Versuchsfäche Nr. 76 (Stadtoldendorf, Abt. 4b2) Verteilung der Mäuseschäden auf die Einzelplots, **Zweit**aufnahme 1997, differenziert nach Schadgraden 0 -5 : wie Vorjahr, 6 = infolge Mäusefraß abgestorben.**



**Abb.: A 29:** Bildung neuer Rinde bei Wildapfel: links und Mitte: Frühjahr 1993 und Herbst 1995; rechts: andere Pflanze die 1993 bei 8,5cm Umfang auf 12cm Höhe geringelt war, nach 3 Vegetationsperioden



**Abb.: 30:** Bildung neuer Rinde bei Esche: von links nach rechts:Frühjahr 1993, Frühjahr 1994, Herbst 1995



**Abb.: 31:** Überwallung bei Esche nach Erdmausschaden, der bis in den Splint eingriff: links: Herbst 1994, rechts: Herbst 1995



**Abb.: 32:** Aktivierung von Bastresten und Überwallung von Erdmausschaden bei Hainbuche; von links nach rechts: Frühjahr 1993 Ringelung auf Überwallungswulst, Herbst 1994: Bastreste aktiviert und zu Brücken zusammengewachsen, Überwallung des alten Schadens weiter fortgeschritten, Frühjahr 1995, Herbst 1995: Überwallung fast abgeschlossen



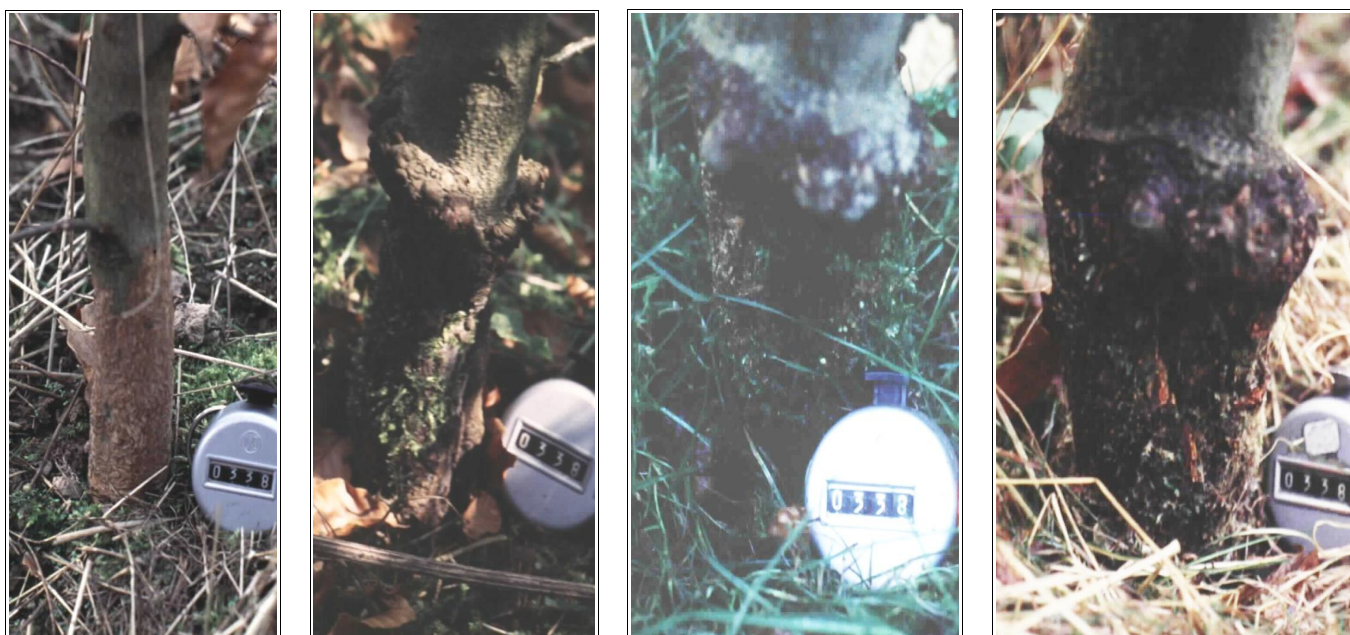
*Abb.: 33 : Überwallung von Erdmausnageschaden bei Kirsche; von links nach rechts: Frühjahr 1993: Ringelung fast vollständig, Herbst 1993: Bastreste haben zwei Brücken zwischen Stamm und Wurzel gebildet und Überwallung begonnen, Herbst 1995: Überwallung fast abgeschlossen*



*Abb.: 34 : Wiederaustrieb nach Erdmausnageschaden bei Kirsche; von links nach rechts: Frühjahr 1993: Ringelung, Herbst 1993: Adventivtrieb, Herbst 199: alter Sproß bereits abgebrochen, Adventivtrieb gesichert (vorausgesetzt, er wird nicht von Mäusen abgefressen)*



**Abb.: 35:** Aktivierung von Bastresten und Überwallung nach Erdmausnageschaden bei Buche; von links nach rechts: Frühjahr 1993, Frühjahr 1994, Herbst 1994: zusätzlich gebildete Adventivwurzeln bereits von Mäusen abgefressen, Herbst 1995: Überwallung fast abgeschlossen



**Abb.: 36:** Aktivierung von Bastresten und Überwallung nach Erdmausnageschaden bei Buche; von links nach rechts: Frühjahr 1993: Ringelung, Frühjahr 1994: Assimilatstau oberhalb der Ringelung, Auf der Rückseite konnte über aktivierte Bastreste eine Brücke zur Wurzel hergestellt werden, Herbst 1994, Herbst 1995 Überwallung von der Brücke ausgehend fast abgeschlossen





**Abb.: 37 :** Absterbeprozess bei Buche nach Erdmausnageschaden aus 1992/93; von links nach rechts: Frühjahr 1994 Assimilatstau oberhalb der Ringellung, Herbst 1994: schwacher Stockausschlag, Herbst 1995: Stockausschlag verschwunden, Pflanze abgestorben

## **Lebenslauf**

### **Persönliche Daten**

Name: Frank Krüger  
Geburtsdatum: 16.02.1955  
Geburtsort: Göttingen  
Adresse: Kurt-Schumacher-Weg 1, 37075 Göttingen

### **Ausbildung**

1961 -1965 Albert-Schweitzer-Schule, Göttingen  
1965 -1972 Max-Planck-Gymnasium, Göttingen  
1972 -1974 Upland-Schule, Willingen  
Abschluß: Abitur  
1974 -1981 Studium der Forstwissenschaften an der Georg-August-Universität,  
Göttingen  
1980 Abschluß: Diplom (Forstwissenschaften der Gemäßigten Breiten)  
1981 Abschluß: Diplom (Forstwissenschaften der Tropen/Subtropen)  
1982 -1984 Referendarzeit in der Niedersächsischen Landesforstverwaltung  
Abschluß: Staatsexamen (Assessor des Forstdienstes)

### **Beruflicher Werdegang**

1974 -1982 Verschiedene Tätigkeiten als Wissenschaftliche Hilfskraft und  
Mitarbeit im elterlichen Betrieb  
1984 -1986 Entwicklungshelfer des Deutschen Entwicklungsdienstes (DED)  
im Landwirtschaftsministerium Ecuadors  
1987 -1988 Mitarbeiter des Energiesparprojekts (Herdprojekt) der Deutschen  
Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) im  
Landwirtschaftsministerium Ecuadors, verantwortlich für die  
Forstkomponente  
1988 -1992 Ansprechpartner des Erosionsschutzprojekts (PROCOSA) der  
Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) im  
Landwirtschaftsministerium Ecuadors  
1992 - 1999 Sachgebietsleiter in der Abteilung Waldschutz der  
Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt  
1999 - heute Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Forstzoologie und  
Waldschutz der Universität Göttingen