

TAGES- UND JAHRESZEITLICHE VERTEILUNGSMUSTER DES REHS *C. CAPREOLUS* IM SIHLWALD



Diplomarbeit von
Stephan Imfeld

Ausgeführt unter der Leitung von Prof. Dr. B. Nievergelt
Abteilung Ethologie und Wildforschung
Zoologisches Institut der Universität Zürich

1 EINLEITUNG	3
2 UNTERSUCHUNGSGEBIET	6
3 MATERIAL UND METHODEN	9
3.1 Direktbeobachtungen innerhalb des Waldes im Winter	9
3.2 Direktbeobachtungen am Waldrand	16
3.3 Vergleich Restlichtverstärker - Wärmebildgerät	19
4 VERTEILUNGSMUSTER INNERHALB DES WALDES IM WINTER	21
4.1 Unterschiede zwischen Tag und Nacht und im Laufe des Winters	21
4.2 Analyse des Verteilungsmusters in der Nacht	22
4.3 Extrapolation auf den ganzen Sihlwald	30
5 VERTEILUNGSMUSTER AM WALDRAND	33
5.1 Vergleich Tag - Nacht	33
5.2 Vergleich 1. und 2. Nachthälfte	34
5.3 Jahreszeitliche Austrittsmuster	34
5.4 Gruppengrösse	36
5.5 Räumliche Verteilung	37
5.6 Aktivitätsvergleiche	42
6 DISKUSSION	44
7 ZUSAMMENFASSUNG	52
8 DANKSAGUNG	53
9 LITERATURVERZEICHNIS	55
10 ANHANG	60

1 Einleitung

Im Frühling 1995 wurde die Stiftung 'Naturlandschaft Sihlwald' ins Leben gerufen. Ziel dieser Stiftung ist es,

'... die Entwicklung der charakteristischen Landschaft, die vom Albisgrat, dem Sihlwald und dem Flusslauf der Sihl gekennzeichnet ist, in dem Sinne zu fördern, dass die natürlichen und naturnahen Waldökosysteme samt ihrer charakteristischen Tier- und Pflanzenwelt erhalten werden. Das Wirken der natürlichen Umweltkräfte und die ungestörte Dynamik der Lebensgemeinschaften sind langfristig zu gewährleisten. In diesem Gebiet ist eine den oben genannten Zielsetzungen angepasste Form der Erholung, des Naturerlebnisses und der wissenschaftlichen Forschung zu ermöglichen...' ¹

Anschliessend an Ende der 80er Jahre erarbeitete Vorstudien (u.a. MEIER 1988) ist es mein Ziel, mit dieser Studie einen Einblick in das Raum-Zeit-Gefüge des Rehs als der einzigen häufigen Huftierart im Sihlwaldgebiet zu geben. Aus dieser Thematik wählte ich die folgenden zwei Forschungsfragen zur Bearbeitung aus:

- Wie verteilen sich die Rehe innerhalb des Sihlwaldes im Winter?
- Zu welchen Tages- und Jahreszeiten werden die an den Wald angrenzenden Gebiete genutzt?

Da diese Studie in der laufenden Anfangsphase des Projektes Naturlandschaft Sihlwald Pilotcharakter hat, ging es darum, grossflächige und flächendeckende Angaben über das Raum-Zeit-Muster der Rehe zu erhalten, um auf diese Weise die Aktivität des Rehes auch aus der Sicht der Nutzung des Waldes abschätzen zu können. Ich versuchte daher zuerst, anhand von Spurentaxationen und Stichprobeflächen die Rehverteilung im Sihlwald zu erfassen. Dabei stellte sich heraus, dass die Verteilungsschwerpunkte sehr viel lokaler bzw. punktueller sind als angenommen. Zum Teil bestanden sie aus Flächen von lediglich 100m². Dies bedeutete, dass mit dem vorgesehenen extensiven Stichprobeverfahren entscheidende Strukturen nur mit geringer Wahrscheinlichkeit erfasst würden. Zudem waren die methodisch-technischen Schwierigkeiten wegen der sehr

¹ Auszug aus Artikel 2 der Stifungsurkunde Naturlandschaft Sihlwald vom 8. März 1995.

nassen Witterung so gross, dass diese indirekten Aufnahmeverfahren nach wenigen Monaten nicht mehr weiterverfolgt wurden. Das Schwergewicht wurde in der Folge auf direkte Beobachtungen in der Nacht unter Einsatz von Hightechgeräten wie Restlichtverstärkern und Wärmebildgeräten gelegt. Die Feldaufnahmen wurden zwischen Juli 1993 und August 1994 ausgeführt.

Da es in einem Gebiet dieser Art mit Direktbeobachtungen aus technischen Gründen nicht möglich ist, flächendeckend zu arbeiten, ergab sich der folgende Forschungsplan: Die mit den genannten Geräten in repräsentativen Ausschnitten des Gebietes erhaltenen Beobachtungsdaten sollten in einem ersten Schritt zu einer Habitatanalyse führen. Gestützt auf diese Analyse und auf ein bereits zur Verfügung stehendes Geographisches Informationssystem (GIS) konnte in einem zweiten Schritt eine Extrapolation auf das Gesamtgebiet berechnet werden.

Die Angaben in der Reh-Literatur über das Aktivitätsmuster von Rehen bzw. Rehpopulationen ergeben kein einheitliches Bild. Früher wurde das Reh als dämmerungs- und tagaktiv mit Nebenaktivitäten in der Nacht angesehen (BUBENIK 1960, KLÖTZLI 1965). Diese Einschätzung dürfte wenigstens zum Teil auf einen Mangel an geeigneten Beobachtungsgeräten für die Nachtbeobachtung zurückzuführen sein. Neuere Untersuchungen ergaben eine relativ gleichmässige circadiane Aktivität über 24 Stunden (u.a. CEDERLUND 1989). Verschiedene Autoren beschrieben den Tagesverlauf mit 6-11 Aktivitätsschüben in Abhängigkeit der Jahreszeit (KLÖTZLI 1965, TURNER 1983, VON BERG 1978, GUTHÖRL 1994), wobei im Winter die Aktivitätsperioden gleich lang wie im Sommer sind, die Ruhepausen dagegen verlängert werden (CEDERLUND 1980, TURNER 1980). CEDERLUND (1980) und GUTHÖRL (1994) fanden eine kleinere Aktivität am Tag als in der Nacht, wobei dies bei Cederlund in Schweden nur zwischen Frühling und Herbst zutraf. In mehreren Arbeiten werden die Dämmerungen als Zeitgeber für den Tagesrhythmus und für eine Verhaltenssynchronisation mit hoher Aktivität beschrieben (CEDERLUND 1980, TURNER 1980, VON BERG 1978). PRIOR (1968) und KURT (1991) weisen darauf hin, dass die Mondphase die Nachtaktivität beeinflusst, was jedoch BÄRTSCHI (1981) in einem intensiv von Menschen genutzten Gebiet nicht nachweisen konnte. GUTHÖRL (1994) fand in Wäldern mit starker Erholungsnutzung eine ausgeprägte Verschiebung der Aktivitäten in die Nacht. Ebenfalls im Zusammenhang mit Erholungsnutzung untersuchte MÜRI

(1995) Rückzugsbiotope in Wäldern des schweizerischen Mittellandes und fand, dass die Anordnung des Wegnetzes die Verteilung der Rehe stark beeinflusst.

Einige Studien befassten sich mit unmittelbaren Reaktionen von Rehen auf Störungen durch Menschen bzw. auf menschliche Erholungsnutzung (STADLER 1985, GAISBAUER 1988). Über mittelbare Reaktionen auf solche Störungen ist relativ wenig bekannt. BIDEAU (1992) untersuchte die zeitliche Raumnutzung im Zusammenhang mit Tourismus an einer kleinen auf einer Insel ausgesetzten Rehpopulation. GUTHÖRL (1994) ermittelte die Aktivitätsmuster in einem Stadtwald mit starkem Erholungsverkehr.

Um tageszeitliche Verteilungsmuster von Rehpopulationen *in Wäldern* zu erfassen, sind die bisherigen Methoden wie Direktbeobachtungen (TURNER 1978, VINCENT 1991) oder Kot- und Fährtenzählungen (REIMOSER 1987, AULAK 1990abc) nicht geeignet. Direktbeobachtungen sind in der Nacht nicht in befriedigendem Maße durchführbar und die indirekten Methoden ermöglichen keine zeitliche Aufschlüsselung der Gebietsnutzung. Radiotelemetrie ergibt sehr gute Einblicke in die Habitatselektion von Einzeltieren (VON BERG 1978, KÖNIG 1987, MAUBLANC 1987, CEDERLUND 1980 & 1989, CIBIEN 1989, BJAR 1991, SELAS 1991, BIDEAU 1992, GUTHÖRL 1994, FLÜHMANN 1995), jedoch kaum zuverlässige Angaben aus der Perspektive des Waldes über dessen Gesamtnutzung. Dies wäre nur mit sehr hohem Aufwand und einem hohen Anteil an sendermarkierten Tieren (z.B. 60-100 Rehen im gesamten Sihlwald) zuverlässig zu bewerkstelligen. Eine derart aufwendige Telemetriearbeit samt Einfang und Markierung der Tiere hätte den Rahmen einer Diplomarbeit bei weitem gesprengt.

2 Untersuchungsgebiet

Die rund 10 km² grosse als Naturlandschaft Sihlwald ausgeschiedene Fläche - mein Untersuchungsgebiet - liegt im Bereich des grössten Laubmischwaldes des schweizerischen Mittellandes und befindet sich rund 10 km südlich der Stadt Zürich. Die Waldfläche liegt an der Ostflanke der von SSE nach NNW verlaufenden Albiskette zwischen 8°31' und 8°35'E sowie 47°13' und 47°17'N. Sie wird im Osten von der Sihl, einer Eisenbahlinie und der Sihltalstrasse abgegrenzt. Die Höhenausdehnung erstreckt sich von rund 500 m üM. an der Sihltalsohle bis auf gut 900m auf dem Albisgrat. Der Sihlwald hat entlang der Sihl und oben an der Krete sehr steile Gebiete und dazwischen auf etwa 600m mehrere Plateaus, die von vielen Bächen durchfurcht sind¹. Der Nordteil ist wegen der grösseren Distanz zwischen Sihl und Albisgrat deutlich flacher ausgestaltet. Der Sihlwald wird als recht naturnah eingestuft. Die Vegetation besteht mehrheitlich aus Buchenwaldgesellschaften, in feuchteren Lagen aus Ahorn-Eschenwald, doch sind auch einzelne Fichteneinschläge zu finden.

Die ganze Albiskette, die im Bundesinventar der Landschaften von Nationaler Bedeutung aufgenommen und im Naturschutz-Gesamtkonzept des Kantons Zürich als Naturschutz-Schwerpunktsgebiet und Landschafts-Förderungsgebiet bezeichnet ist, wird als Naherholungsgebiet vor allem in den Kammlagen von Spaziergängern, aber auch von Velofahrern und Reitern genutzt. Es hat ein dementsprechend dichtes und gut ausgebautes Wegnetz mit den Haupteingangsgebieten Albispass und den Bahnstationen Sihlwald und Sihlbrugg. Im ganzen Sihlwald wird ausserdem Revierjagd ausgeübt, bei der jährlich um 50 Rehe erlegt werden.

Im Westen grenzt der Sihlwald und seine beiden Ausläufer Huserberg und Ebertswilerholz an Kulturland, das grösstenteils aus Weiden und Wiesen mit einigen Mais- und Getreidefeldern besteht. Die Waldränder sind oft harte Grenzlinien, fliessende Übergänge mit Busch- und Strauchgürteln fehlen

¹Im Anhang ist eine Karte des Gebietes als Orientierungshilfe dargestellt.

weitgehend. Bei Türlen und Husertal sind zwei Flächen fest als Schafweiden eingezäunt, ansonsten sind alle Gebiete für Rehe frei zugänglich.

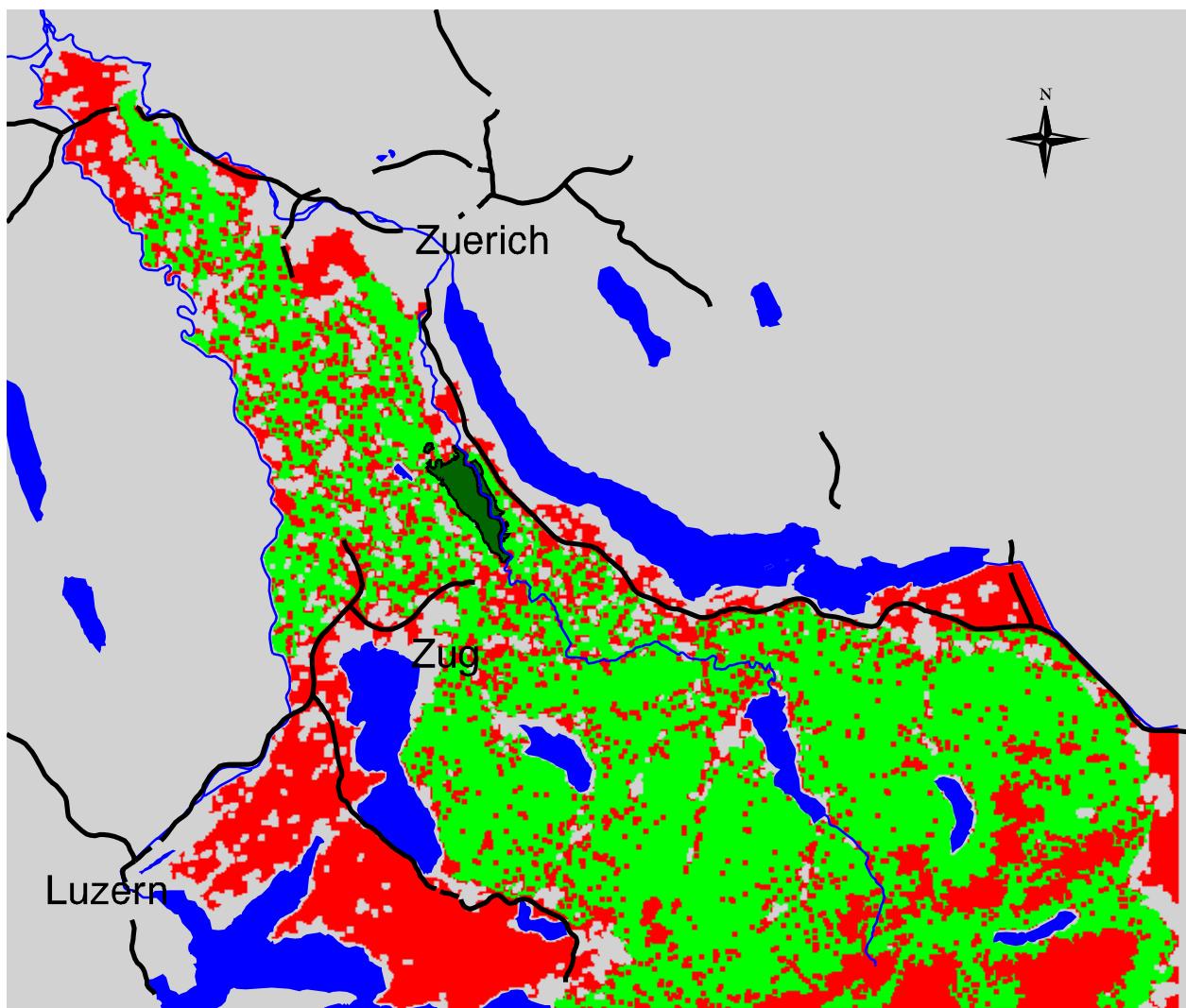
Die durchschnittlichen Jahresniederschläge sind mit 1350mm im Sihlwald etwas höher als in der Stadt Zürich. Der in meiner Feldperiode liegende Herbst '93 war jedoch gekennzeichnet durch sehr starke Niederschläge, die u.a. in Brig und im Tessin zu Überschwemmungen führten. Im Winter war es recht mild ohne extreme Kältewellen, dafür mit überdurchschnittlich vielen Niederschlägen, die in den Niederungen meist als Regen ausfielen. Die Schneegrenze lag oft mitten im Untersuchungsgebiet auf 6-700m Höhe. Der März war sehr warm, und Mitte Mai traten schon die nächsten Hochwasser und Überschwemmungen auf. Der Sommer '94 war auf der Alpennordseite der zweitwärmste seit 240 Jahren.

Die weitere Umgebung des Sihlwaldes und des ganzen allgemein naturnahen und stark bewaldeten Albisgrates zeigt für das schweizerische Mittelland und agglomerationsnahe Gebiete charakteristische Strukturen samt intensiver Landwirtschaft, teilweise hoher Siedlungsdichte und einem engen Netz von Verkehrsträgern.

Vor allem in den letzten 30 Jahren erfolgte hier eine Entwicklung, welche die Ausbreitungs- und Durchmischungsmöglichkeiten der Rehe beeinflussen. Neben einer regen privaten Bautätigkeit sind auch mehrere Autobahnprojekte realisiert worden. Eines davon (N4 Knonau) soll nun doch noch fertig gestellt werden - nach fast 20jähriger Baupause. Dieses Umfeld und die für Rehe geschätzte Durchlässigkeit des Gebietes zeigt Abbildung 1. Dabei wurde aufgrund der Arealstatistiken 1972 und 1985 (GEOSTAT 1992) und dem Autobahnnetz berechnet, welche Gebiete vom Sihlwald aus für Rehe 1965 und 1983 hypothetisch zugänglich waren. Diese Abbildung ist keine Feinanalyse, sondern soll einen Eindruck vermitteln, wie gross die Veränderungen in dieser Landschaft sind, und wie wichtig schon heute gewisse Verbindungen (z.B. östlich von Sihlbrugg) für Rehpopulationen sein können. Solche Betrachtungen sind auch bei

Abbildung 1: Berechnete erreichbare Gebiete vom Sihlwald aus aufgrund der Arealstatistiken 1972 (grün + rot) und 1979/85 (rot). Um jedes Hinderniss wie Autobahnen und Siedlungen wurde zusätzlich eine Pufferzone von 100m Radius ausgeschieden.(Quelle: Bundesamt für Statistik, Arealstatistik der Schweiz 1972 und 1979/85, GEOSTAT 1985)

Erreichbare Gebiete: Sihlwald



Kilometer
0 10 20

- ↗ Autobahn
- ↖ Fluss
- See
- Sihlwald
- Erreichbare Gebiete Basis 1965
- Erreichbare Gebiete Basis 1983

der Etablierung einer Naturlandschaft, die den Charakter eines Nationalparks annehmen könnte, von hoher Bedeutung.

3 Material und Methoden

Die in der Einleitung vorgestellten Forschungsfragen nach dem Raum- und Zeitmuster der Rehe im Sihlwald wurden mit 3 Methoden der Direktbeobachtung angegangen:

- 1. Direktbeobachtungen im Wald in der Nacht (3.1)
- 2. Direktbeobachtungen im Wald am Tag (3.1)
- 3. Direktbeobachtungen am Waldrand während allen Tageszeiten (3.2)

1. und 2. wurden im Winter, 3. während eines ganzen Jahres durchgeführt. Neben einem Beschrieb der Methoden und der Auswertung der Daten werden in diesem Kapitel auch die Ergebnisse der Methodentests referiert.

3.1 Direktbeobachtungen innerhalb des Waldes im Winter

Beobachtungen in der Nacht

Wie sich Rehe in der Nacht im Wald verteilen, konnte bisher nur durch Telemetrie zufriedenstellend erforscht werden. Mit dieser Methodik können jedoch aufgrund des hohen Aufwandes meist nur wenige Tiere untersucht werden. Scheinwerfer lassen sich im Wald wegen den Reflexionen an den nahen Bäumen nicht verwenden und bedeuten zudem eine erhebliche Störung der Tiere, und die heute erhältlichen Restlichtverstärker benötigen meist bedeutend mehr Restlicht, als in der Nacht in Wäldern vorhanden ist.

Für diese Untersuchung wurde mir von der Gruppe für Rüstungsdienste (EMD) ein Wärmebildgerät vom Typ WBG90 (Siemens-Albis/Wild) zur Verfügung gestellt. Dieses Gerät registriert Wärmestrahlung im Bereich von 8-12 µm und wird mit Akkumulatoren als Stromquelle und flüssigem Stickstoff zum Kühlen betrieben. Ausgerüstet ist es mit zwei Vergrösserungen (1.7x und 5.4x). Säugetiere sind mit diesem Gerät sehr gut zu beobachten, da sie sich durch ihre Körperwärme gut vom Hintergrund abheben, so dass schon ein kleiner Körperteil eines Rehes genügt, um es zu entdecken.

Da das Gerät sehr schwer ist (Gerät ca. 12kg, totale Ausrüstung über 30kg), musste mit einem Stativ gearbeitet werden. Um dennoch eine gewisse Mobilität zu erhalten, wurde das Wärmebildgerät im Kofferraum eines Autos so montiert,

dass der Beobachter das Gelände mit einem Winkel von ca. 100° zur Fahrtrichtung absuchen konnte. Bei steilerem Gelände konnte das Gerät in der vertikalen Achse auf und ab bewegt werden.

Ausgehend von dieser Ausrüstung wurde eine entsprechend angepasste Art einer Streifentaxation entlang des Wegnetzes durchgeführt. Mit dem Auto wurde der grösste Teil der fahrbaren Wege (ca. 27 km, Abbildung 2) im Schrittempo abgefahren und die beobachteten Rehe auf einer Karte (Massstab 1:10000) eingezeichnet.

Da das Wärmebildgerät fest montiert wurde, konnte jeweils nur eine Seite der Strasse aufgenommen werden, so dass für eine Wegstrecke zwei Fahrten nötig waren. Die beiden Wegseiten wurden meist in der gleichen Nachhälfte, jedoch mit einem zeitlichen Abstand aufgenommen, da die Rehe unruhig reagierten, wenn in einem zu kurzen zeitlichen Abstand (z.B. 5 Min.) zweimal der gleiche Wegabschnitt befahren wurde.

Mit dieser Methode wurde vom 18.1.94 bis 5.3.94 zwischen 20.00h und 05.00h das gesamte Wegnetz dreimal aufgenommen.

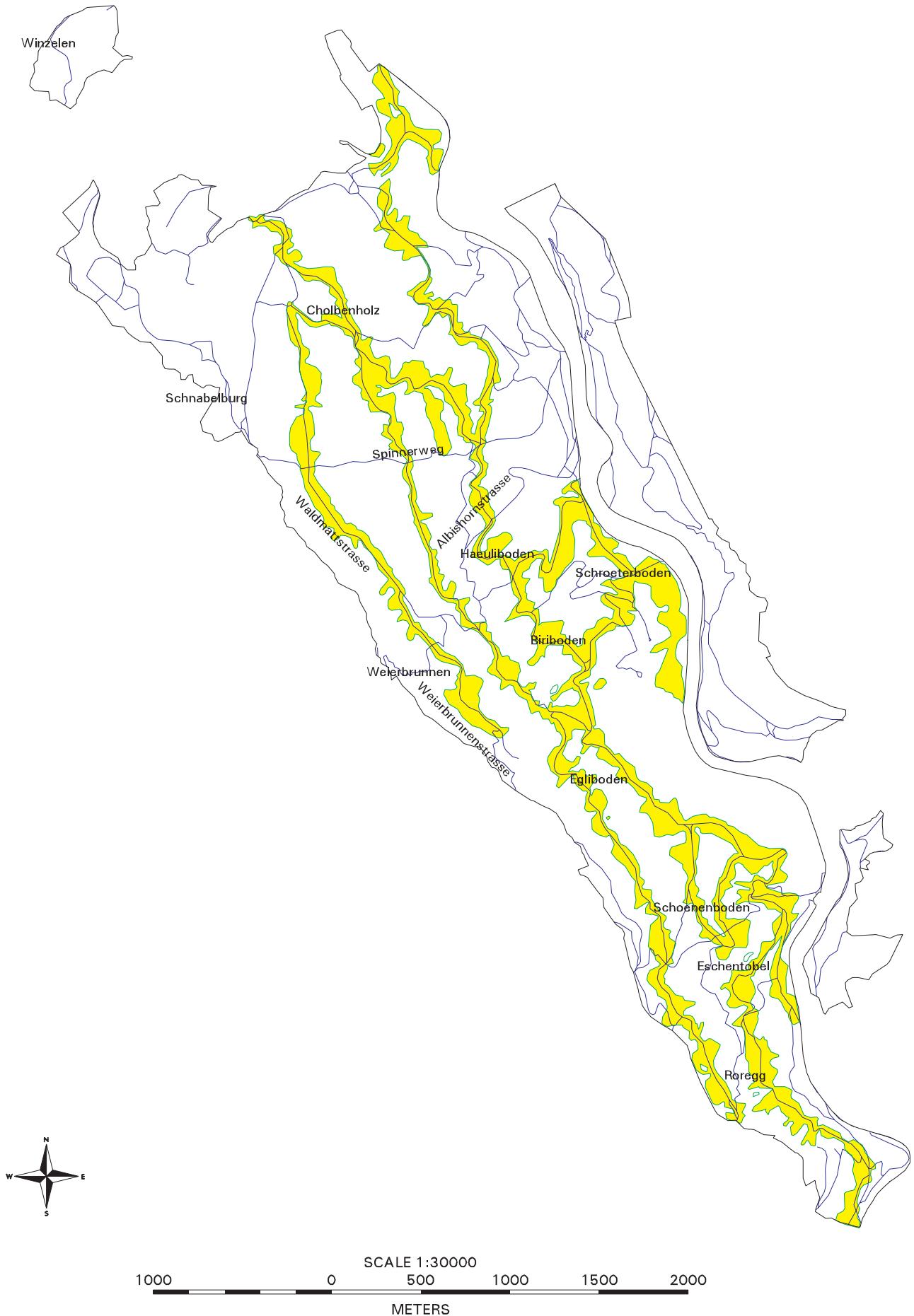
Vergleich Wärmebildgerät - Sichtbeobachtung

Um einen Vergleich mit Beobachtungen am Tag zu erhalten, wurden zwei Vergleichsaufnahmen am Tag durchgeführt. Dabei beobachteten die Fahrzeugfahrer (ungeübte Beobachter) ohne Hilfsgerät gleichzeitig wie der Beobachter im Kofferraum mit Wärmebildgerät.

Von den 12 mit dem Wärmebildgerät gesehenen Rehen wurden vom Fahrer 9 ebenfalls beobachtet. Zwei der nicht gesehenen Rehe hielten sich in relativ grosser Distanz auf, und das dritte war in einem Dickicht gut getarnt.

Abbildung 2: Beobachtungsfläche innerhalb des Waldes (grauer Bereich).

Beobachtungsfläche im Wald



Beobachtungen am Tag

Aufgrund dieser Beobachtungen schien mir der Aufwand mit dem Wärmebildgerät für die Tagesaufnahmen (2 Leute, Wärmebildgerät mit Betriebsmittel) nicht gerechtfertigt. Es kann nach dem oben dargestellten Vergleich davon ausgegangen werden, dass ein geübter, zudem mit einem Feldstecher ausgerüsteter Beobachter Rehe ähnlich sicher entdeckt wie ein Beobachter mit dem relativ unbeweglichen Wärmebildgerät.

Die drei Tagesaufnahmen fanden abgesehen vom Beobachtungsgerät in der selben Weise wie die Nachtaufnahmen vom 15.1.94 bis 18.3.94 statt.

Einsehbarkeit des Waldes

Für die Auswertungen wurde am 17/18.3.94 aufgenommen, welche Teile des Waldes vom aufgenommenen Wegnetz sichtbar sind (Abbildung 2 und Karte im Anhang). Dabei wurde ca. alle 50-100 Meter ein optischer Distanzmesser eingesetzt und zwischen den ausgemessenen Punkten der ungefähre Verlauf interpoliert und auf einer Karte eingezeichnet. Der angepeilte Messpunkt entsprach der im Feld vorgenommenen Schätzung, wo ein Reh gerade noch sichtbar wäre. Distanzen unter 40m mussten geschätzt werden.

Die so ermittelte von den Wegen aus beobachtete Waldfläche beträgt rund 1.98 km².

Auswertungsmethoden

Um allgemein gültige Muster zu erforschen, sollten die erhobenen Daten von möglichst vielen verschiedenen Individuen stammen, d.h. möglichst unabhängig voneinander sein. Dadurch, dass im Wald 3 Aufnahmen im gleichen Gebiet gemacht wurden, ist anzunehmen, dass jedes Reh im Durchschnitt gegen dreimal im Abstand von mehreren Wochen erfasst wurde. Viele Studien betrachten Beobachtungen als unabhängig, wenn das Tier in der Zwischenzeit die Möglichkeit hatte, das gesamte Gebiet zu erreichen (NEU 1974, B. Naef-Daenzer, mündl. Mitt.). Aufgrund der gefundenen täglichen kleinräumigen Verschiebungen der Rehe im Sihlwald gehe ich davon aus, dass die Beobachtungen im Wald als unabhängig betrachtet werden können. Da jedoch Rehe vor allem im Winter

kleinere Gruppen bilden (KURT 1991, VINCENT 1992), sind nicht die Einzeltiere, sondern die Gruppen als unabhängige Stichproben zu betrachten. In Anlehnung an andere Autoren (MAUBLANC 1985, HAUSER 1977, LARDI 1979) wurden in dieser Arbeit Rehe, die einen Abstand von weniger als 50 Meter zueinander hatten, als eine Gruppe definiert.

Für die Auswertungen stand mir ein Geographisches Informationssystem (Arc/Info V.7.01) des Geographischen Instituts der Universität Zürich zur Verfügung. Darin sind unter anderem der detaillierte Waldbestand (STADTFORSTAMT ZÜRICH 1990), eine Pflanzensoziologische Karte (potentielle Pflanzengesellschaft, BGU 1988) sowie ein Geländemodell enthalten. Dieses wurde in Arc/Info mit dem Modul 'Topogrid' neu gerechnet. Als Datengrundlagen dienten Höhenkurven (1:5000, Äquidistanz 10m), Gewässernetz (1:5000) und einzelne markante Kartenpunkte (Kuppen, Mulden). Diese Grundlagen sind für die Berechnung eines Geländemodells nicht ideal, jedoch genügen sie für die hier erforderliche Auflösung. Um topographische Feinstrukturen, wie sie von Rehen benutzt werden (REIMOSER 1986) zu analysieren, ist die dafür benötigte Genauigkeit und das Auflösungsvermögen des Modells jedoch nicht gegeben.

Das Hauptziel dieses Teils der Arbeit ist die Extrapolation der Rehverteilung auf den gesamten Sihlwald, und nicht die oft (implizit) angestrebte kausale Verknüpfung von Habitatparametern mit der untersuchten Tiedichte. Dazu wurden in einem ersten Schritt verschiedene Habitatanalyseverfahren angewendet, um in einem zweiten, darauf basierenden Schritt die Extrapolationen zu berechnen. Dies geschah im Bewusstsein, dass die verwendeten Habitatvariablen (s.u.) kaum in direkter Beziehung zur Rehdichte stehen, sondern vielmehr als Indikatoren von diversen im Sihlwald wirkenden Prozessen zu betrachten sind.

In verschiedenen Arbeiten (VERNER 1986) wurde gezeigt, dass bei der Beurteilung von Habitatmodellen grosse Vorsicht geboten ist. Kreuzvalidierungen ergeben vielfach zu optimistische Resultate. Bei Validierungen mittels anderen Testgebieten stellt sich meist die Frage der Vergleichbarkeit. Innerhalb des hier untersuchten Sihlwalds scheint es kaum möglich, zwei auch nur annähernd vergleichbare und genügend repräsentative Teile auszuscheiden. In dieser Arbeit wird ein anderer Ansatz verwendet. Ich versuche, anhand von verschiedenen Analyseverfahren die Variabilität der Resultate darzustellen.

Die drei verwendeten Analyseverfahren sind in der Literatur gut dokumentiert. Im folgenden gehe ich auf die spezielle Anwendung dieser Verfahren in dieser Arbeit ein, da die verwendete Datenaufbereitung Nicht-Standardverfahren beinhaltet. Es sind dies:

A: Chi²-Anpassungstests mit simultanen Konfidenzintervallen (Bonferoni z-Statistik)

Die Beobachtungen (Gruppen) wurden für die einzelnen Habitatvariablen mittels Chi²-Anpassungstest auf Abweichungen vom Angebot innerhalb der Beobachtungsfläche getestet. Bei signifikanten Unterschieden wurden anschliessend anhand von Vertrauensintervallen (Bonferoni simultaneus confidence intervals mit p=0.1) die einzelnen Klassen auf Signifikanzen untersucht (NEU 1974, WHITE 1990). Das Verhältnis von Anzahl beobachteten zur Anzahl erwarteten Rehen bezeichne ich hier als Nutzungsindex¹. Dieser kann Werte annehmen von 0 (keine Tiere) über 1 (Anzahl beobachtete Tiere entspricht der Anzahl erwarteter Tiere aufgrund des Flächenangebotes) bis >> 1 (mehr beobachtete Tiere als erwartet).² Bei der Interpretation der Resultate ist bei diesem Verfahren auch zu bedenken, dass es sich um univariate Vergleiche handelt. Das heisst, dass durch Abhängigkeiten zwischen den Habitatvariablen vermeintliche Beziehungen zum Nutzungsindex suggeriert werden können.

In die Analyse eingegangen sind folgende Variablen (STADTFORSTAMT ZÜRICH 1990):

- Höhe über Meer
 - Hangneigung
 - Anzahl Waldschichten
 - Anzahl Baumarten in der Ober-, Mittel- und Unterschicht
 - Dichte der Ober-, Mittel- und Unterschicht
 - Nadelholzanteil der Ober-, Mittel- und Unterschicht
 - Hauptbaumart der Ober-, Mittel- und Unterschicht
 - Entwicklungsstadium
-

¹In der Literatur wird dieses Verhältnis oft etwas irreführend als Präferenzindex bezeichnet. Vor allem in stark von direkter menschlicher Präsenz geprägten Landschaften, wie es der Sihlwald ist, ist es kaum möglich, effektive Präferenzen (für einzelne Faktoren) mit diesem Verfahren zu erfassen.

²Ein aufgrund dieser Chi²-Analysen modifiziertes HSI Modell wird hier nicht dargestellt, da das Modell offensichtlich grössere Mängel aufweist.

- Pflanzensoziologische Gesellschaft
- Distanz zur nächsten Futterkrippe

B: Logistische Regression

Als zweites Analyseverfahren wurde eine logistische Regression (VERNER 1986, HOSMER 1989) angewendet. Ziel dieses Verfahrens ist es, Auftretenswahrscheinlichkeiten eines binären Merkmals zu berechnen. Als solches wird hier die An- bzw. Abwesenheit von Rehen betrachtet. Die Beobachtungsorte (Rehgruppen) galten somit als Beobachtungen mit Anwesenheit von Rehen. Die Abwesenheit von Rehen ist etwas schwieriger zu definieren. Um solche Orte zu bestimmen, wurden über das ganze Beobachtungsgebiet Zufallspunkte generiert. Wenn ein solcher Punkt nur wenige Meter neben einer Beobachtung zu liegen kommt, scheint es nicht sinnvoll, diesen als Beobachtungspunkt ohne Rehe zu werten. Deshalb musste eine minimale Distanz zu den tatsächlichen Beobachtungsorten bestimmt werden, von wo an ein Zufallspunkt als Punkt ohne Rehe betrachtet werden kann. In dieser Untersuchung wurde aufgrund einer Testreihe mit verschiedenen Distanzen 200 Meter als brauchbarer Wert ermittelt. Somit wertete ich Zufallspunkte, die mehr als 200m von der nächsten Rehbeobachtung entfernt lagen, als Ort ohne Rehe. Somit standen für die logistische Regression 116 Rehbeobachtungsorte und 133 Orte ohne Rehe zur Verfügung. Letztere liessen sich natürlich in beliebiger Anzahl generieren, jedoch wurde darauf geachtet, dass ungefähr gleich viele Orte wie bei den tatsächlichen Beobachtungen für die Analyse zur Verfügung standen.

In die Analyse ging zusätzlich zu den oben genannten Variablen die Distanz zum nächsten Gewässer ein. Da für die meisten Variablen nicht unbedingt stetige Abhängigkeiten angenommen werden können, wurden mit Ausnahme der beiden Distanzmasse die wie unter A zusammengefassten Variablen als Dummyvariablen aufgeschlüsselt (categorical mit indicator contrast, SPSS). Die schrittweise logistische Regression wurde im Statistikpaket SPSS Version 5 auf dem AIX Rechner des Rechenzentrums der Universität Zürich gerechnet. Als Bedingung zur Aufnahme weiterer Variablen wurde ein $p=0.1$ gewählt.

C: Schrittweise multiple (lineare) Regression

Als drittes Analyseverfahren wurde eine schrittweise multiple Regression mit Rückwärtsselektion der Variablen angewendet (VERNER 1986, NIEVERGELT

1981). Die Standardverfahren zur lokalen Dichteschätzung wie Rasterzählungen oder Distanzmethoden (z.B. WARREN 1979) lassen sich hier aufgrund der ungewöhnlichen Beobachtungsfläche mit sehr grossen Randlinien nicht einsetzen. Für diesen Zweck implementierte ich auf Arc/Info einen 'Bivariate Normal Kernel Density Estimator' (WORTON 1989, NAEF 1993). Da auch bei diesem Verfahren gewisse Randeffekte auftreten, wurde zusätzlich eine sehr einfache Korrekturmöglichkeit eingebaut. Diese Implementierung wurde von HALLER (1996) detailliert beschrieben.

Mit diesem Verfahren wurde eine lokale Dichteschätzung (Standardabweichung 175m, Radius = 400m) durchgeführt. Diese Dichteschätzung ging als abhängige Variable in die Regression ein. Da die Rehbeobachtungsorte schon für diese Dichteschätzung verwendet wurden, konnten sie nicht gleichzeitig in der Regression verwendet werden. Deshalb wurden die oben generierten Zufallspunkte verwendet, um die Abhängigkeit der Dichte(-schätzung) von den zur Verfügung stehenden Habitatparametern zu untersuchen. Bei den ersten Berechnungen stellte sich heraus, dass die im GIS vorhandene Gliederung in Haupt-, 1. und 2. Nebenbaumart für dieses Verfahren nicht geeignet ist. Deshalb wurden diese Angaben in absolute Dichtewerte (Beschirmungsanteil) jeder einzelnen Baumart für die drei Waldschichten umgerechnet und zu 20% Klassen zusammengefasst. Abgesehen davon wurden die selben Variablen wie bei der schrittweisen logistischen Regression verwendet.

Da auch hier weder lineare noch stetige Abhängigkeiten vorausgesetzt werden können, wurden wiederum alle Variablen mit Ausnahme der beiden Distanzmasse in Dummyvariablen umgerechnet.

3.2 Direktbeobachtungen am Waldrand

An der Südwest- und Nordwestseite des Sihlwaldes wurden 44 Beobachtungsflächen (Abbildung 3) für die Beobachtungen mit einer Gesamtfläche von rund 2.3 km² ausgewählt. Dabei wurde mehr auf eine möglichst effiziente Beobachtungsroute als auf die exakten Waldgrenzen der Stadtwaldungen Sihlwald geachtet. Die Beobachtungsdistanzen betrugen im Durchschnitt ca. 100-150m, maximal etwa 450m.

Die Beobachtungen am Waldrand wurden während eines ganzen Jahres von August/September 1993 bis Juli/August 1994 durchgeführt, um einen vollständigen Jahresverlauf zu erfassen.

Da der Vollmond in dieser Zeit immer um den Monatswechsel war, ist im folgenden immer die Vollmondphase am jeweiligen Monatswechsel (z.B. Mai/Juni) gemeint.

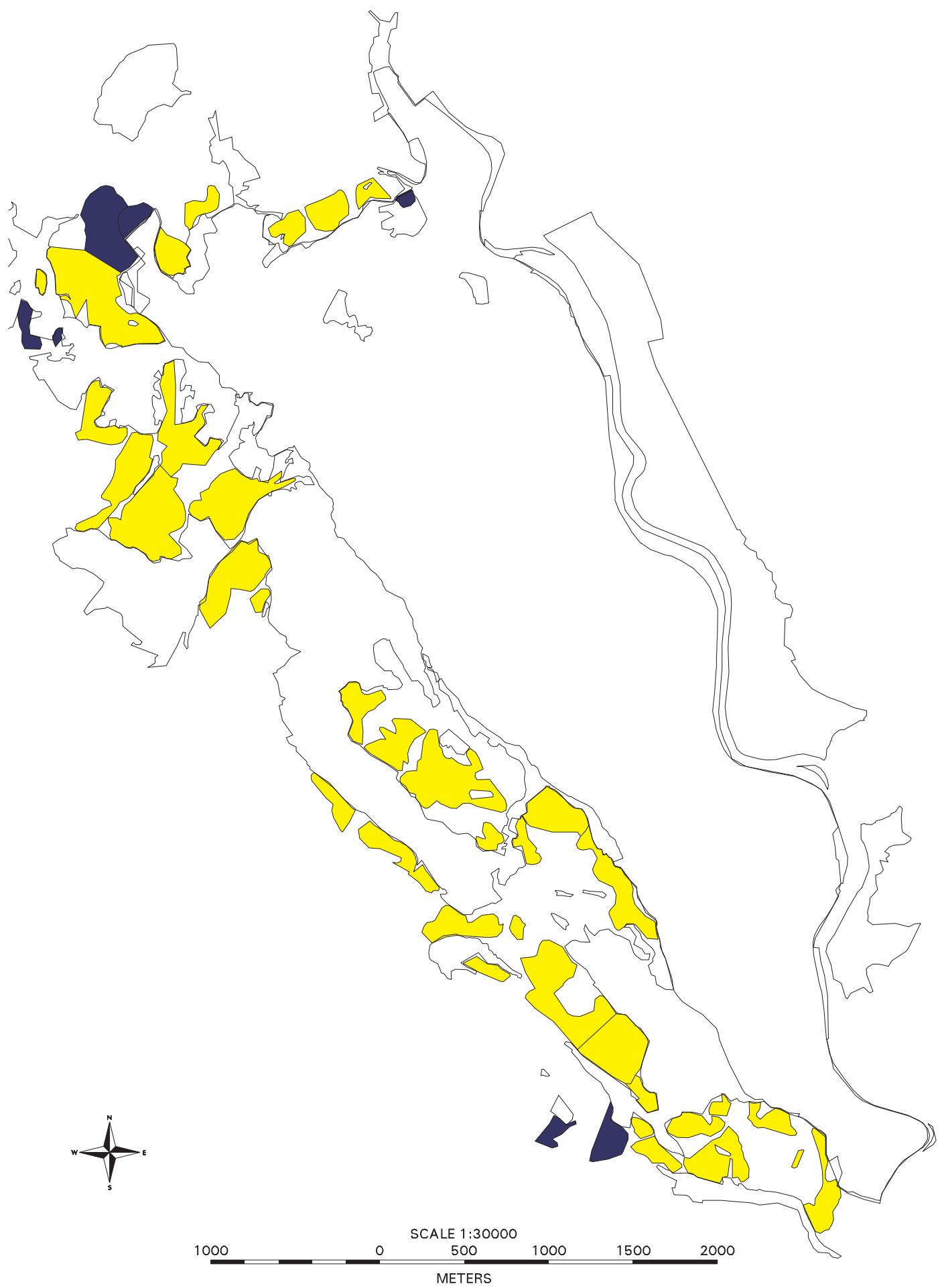
Verschiedene Autoren (PRIOR 1968, KURT 1991) vermuten, dass die Mondphase die Populationsaktivität der Rehe beeinflusst. Andere (TURNER 1980, BÄRTSCHI 1979) konnten dies jedoch nicht bestätigen.

Da mich vor allem die jahreszeitlichen Unterschiede interessierten, und ich die eben erwähnte Unsicherheit zu vermeiden suchte, beschränkte ich meine Beobachtungen auf die Tage um Vollmond (Nacht: -3 bis +1 Tage um Vollmond, Tag:-5 bis +10). Dies hatte zudem den Vorteil, für das verwendete Nachtsichtgerät genügend Restlicht zu haben, was bei Leermondnächten nicht gegeben wäre.

Um tageszeitliche Muster zu erfassen, wurden vier Beobachtungsblöcke von je vier Stunden festgelegt, zwei davon am Tag und zwei in der Nacht (Abbildung 4).

Abbildung 3: Beobachtungsflächen am Waldrand (graue Flächen). In den schwarzen Gebieten wurden nie Rehe beobachtet, in den grauen wurde mindestens einmal ein Reh gesehen.

Beobachtete Gebiete am Waldrand



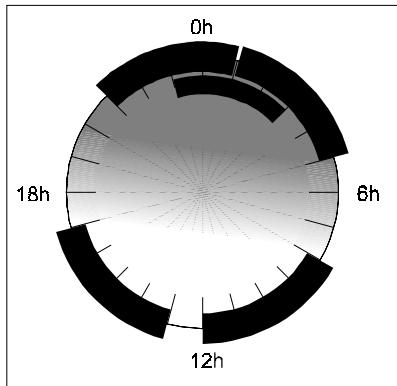


Abbildung 4: Tageszeiten der vier Beobachtungsblöcke der Waldrandbeobachtungen. In den Sommermonaten konnte in der Nacht nur ein Block von 23-3h bearbeitet werden.

Am Tag richtete sich dies nach den 'normalen' Arbeitszeiten (8-12Uhr, 13-17 Uhr). In der Nacht wurden die Blöcke so gelegt, dass während möglichst vielen Monaten zwei Blöcke durchführbar waren (21-1h, 1-5h Sommerzeit, bzw. 22-2h, 2-6h Winterzeit). In den Sommermonaten (Mai/Jun-Jul/Aug) sind die Nächte zu kurz, so dass nur ein Beobachtungsblock von 23h-3h durchgeführt werden konnte (Abbildung 4).

Die (Uhr-)Zeitverschiebung von Sommer- auf Winterzeit wurde nur in der Nacht kompensiert, da ich annahm, dass innerhalb des Tages vor allem die menschlichen Aktivitäten, für die Nacht jedoch die Dämmerungszeiten für die Rehe von Bedeutung sind.

Aufnahmeverfahren

Die Beobachtungspunkte wurden mit dem Auto der Reihe nach abgefahren. An den einzelnen Punkten wurde nun die von dort aus sichtbare Fläche mit einem Restlichtverstärker (Wild BIG 3, 3fach Vergrösserung) bzw. am Tag mit einem Feldstecher (7x) systematisch abgesucht. Dabei wurden Tiere, die nicht beim eigentlichen Absuchen gesehen wurden (z.B. bei der Anfahrt mit dem Auto, beim längeren Beobachten eines Tieres), nicht in die Aufnahme einbezogen.

Da zwischen Beginn und Ende einer Aufnahme aller 44 Beobachtungspunkte rund 4 Stunden vergingen, musste ich versuchen, dadurch bedingte systematische Fehlerquellen zu vermindern. Deshalb wurden für die einzelnen Beobachtungsblöcke (Abbildung 4) pro Vollmondphase je drei Aufnahmen gemacht, welche von drei verschiedenen Orten (Sihlbrugg, Hausen, Langnau) aus gestartet wurden. In der ersten und zweiten Hälfte einer Nacht wurde dann

jeweils der gleiche Startpunkt verwendet, so dass zwischen den Beobachtungen am gleichen Punkt rund vier Stunden verstrichen.

Auf diese Weise erhielt ich pro Vollmondphase 12 Aufnahmen aller 44 Beobachtungsflächen. Wie in Tabelle 1 ersichtlich ist, wurde dieser Aufwand im Januar/Februar und Februar/März reduziert, da in dieser Zeit nur sehr wenige Austritte der Rehe aus dem Wald zu verzeichnen waren. Zudem erschien mir der Aufwand von sechs Tagesaufnahmen pro Monat bei einer durchschnittlichen Beobachtungshäufigkeit von knapp einem Reh pro Rundgang (4 Stunden) nicht mehr gerechtfertigt. Deshalb führte ich ab Dezember/Januar am Tag nur noch zwei Rundgänge pro Vollmondphase durch.

Monatswechsel	23-3h	1-5h	8-12h	13-17h	21-1h
8/9	3	3	3	3	
9/10	3	3	3	3	
10/11	3	3	3	3	
11/12	3	3	3	3	
12/1	3	1	1	3	
1/2			1	1	
2/3	1		1	1	
3/4	3	1	1	3	
4/5	3	1	1	3	
5/6	3	1	1		
6/7	3	1	1		
7/8	3	1	1		

Tabelle 1: Anzahl Beobachtungsroundgänge in den einzelnen Vollmondphasen und Zeitblöcken.

Total wurden somit in diesen zwölf Monaten 92 Beobachtungsroundgänge (Tabelle 1) gemacht.

Bei starkem Nebel und bei Niederschlägen/Gewitter (Lichtblitze können den Restlichtverstärker beschädigen) wurde der Beobachtungsroundgang verschoben. Wenn bei einem Beobachtungspunkt mehr als 15% der Fläche (Schätzung) wegen Nebel nicht eingesehen werden konnte, wurde der jeweilige Punkt als nicht beobachtet gewertet.

Aufgenommen wurden folgende Angaben:

- Zeit der Beobachtung
- Ort (auf Karte ca. 1:16000 eingetragen)
- Anzahl Tiere in der Gruppe (Def. s.Kap. 3.1)
- Geschlecht (wenn möglich)
- Aktivität (liegen, stehen, äsen, gehen, rennen) bei Entdecken des Tieres
- Distanz zum Waldrand und Beobachter (Schätzungen)
- Ausrichtung zum Waldrand

In Tabelle 2 ist die Anzahl beobachteter Individuen für alle 12 Monate aufsummiert.

Art	Anzahl
Reh	1027
Feldhase	267
Fuchs	231
Dachs	99
Igel	10
Marder	8
Wildschwein	1
Mensch	678
Hund	63
Pferd	20
Velo	10
Auto	8
Motorfahrrad	1

Tabelle 2: Anzahl Beobachtungen (Ex.) am Waldrand zwischen Aug/Sep '93 und Jul/Aug '94. Summe aller 92 Aufnahmen.

3.3 Vergleich Restlichtverstärker - Wärmebildgerät

Durch den glücklichen Umstand, dass ich für die Beobachtungen im Wald ein Wärmebildgerät zur Verfügung gestellt bekam, konnte ich am 27.3.94 unter idealen Bedingungen (sehr gutes Licht (Vollmond), keine Sichtbehinderung durch hohe Vegetation, recht viele Austritte aus dem Wald) eine Vergleichsaufnahme mit Restlichtverstärker (Wild BIG 3) und Wärmebildgerät (Siemens-Albis/Wild WBG 90) durchführen. Dabei wurde mit Ausnahme von drei Beobachtungspunkten wie oben beschrieben ein Beobachtungsroundgang gemacht. Zuerst wurde jeweils mit dem Restlichtverstärker, und erst danach mit dem Wärmebildgerät das Gebiet abgesucht. Da zwei Leute die Beobachtungen simultan durchführten, konnten Fehler, die z.B. durch Verschwinden oder Auftauchen von einzelnen Tieren entstehen könnten, vermieden werden. Das Wärmebildgerät kann hier vermutlich als nahezu 100 prozentige Kontrolle angesehen werden.

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse für die einzelnen Tierarten aufgeführt. Erstaunlicherweise konnten mit dem Restlichtverstärker auch bei diesen idealen Bedingungen bei weitem nicht alle Rehe gesehen werden. Nur knapp zwei Drittel wurden entdeckt.

Tierart	Restlichtverstärker	Wärmebildgerät
Reh	23	35
Feldhase	4	18
Fuchs	5	6
Dachs	3	3
Marder	1	1

Tabelle 3: Vergleich Restlichtverstärker-Wärmebildgerät. Anzahl simultan beobachteter Tiere auf einem fast vollständigen Beobachtungsrundgang vom 27.3.94.

Was die mit Restlichtverstärker nicht entdeckten Rehe gegenüber den entdeckten auszeichnet, ist nicht wie zu erwarten eine grössere Distanz zum Beobachter (MWU, $n_1=23$, $n_2=12$, $Z=-0.68$, $p=0.49$), sondern eine kleinere Distanz zum Waldrand (U-Test, $n_1=23$, $n_2=12$, $Z=-2.38$, $p=0.017$). Zudem besteht eine Tendenz, dass liegende Rehe eher übersehen werden als stehende ($\chi^2=3.23$, $n=37$, $df=1$, $p=0.07$).

Dass die Distanz zum Waldrand eine relativ grosse Rolle spielt, liegt vermutlich daran, dass die Beobachtungsverhältnisse nahe den Waldrändern einerseits durch Mondschatten, andererseits durch den strukturreichen Hintergrund (Wald) erschwert sind.

Diese Beobachtungsprobleme sind natürlich stark von der Grösse der Tiere abhängig. Ob z.B. Feldhasen mit dem Restlichtverstärker entdeckt wurden, war stark von der Beobachtungsdistanz abhängig (MWU, $n_1=14$, $n_2=4$, $Z=-2.14$, $p=0.032$).

4 Verteilungsmuster innerhalb des Waldes im Winter

4.1 Unterschiede zwischen Tag und Nacht und im Laufe des Winters

In der Nacht wurden auf der gesamten in Abbildung 2 gezeigten Beobachtungsfläche von ca. 2 km^2 im Durchschnitt 68.3 Rehe pro Durchgang gesehen. Im Vergleich dazu wurden am Tag jeweils nur rund 3 Rehe beobachtet (Abbildung 5). Dieser Unterschied veranschaulicht eine deutliche Ausweichreaktion der Rehe am Tag weg von den grösseren Wegen. Trotz der kleinen Stichprobe am Tag zeigt sich eine Tendenz, dass Rehgruppen am Tag in steileren Lagen beobachtet wurden (MWU, $n_1=116$, $n_2=7$, $z=-1.74$, $p=0.08$). Dagegen lässt sich kein Unterschied in der Höhenverteilung nachweisen (MWU, $n_1=116$, $n_2=7$, $z=-0.699$, $p=0.48$).

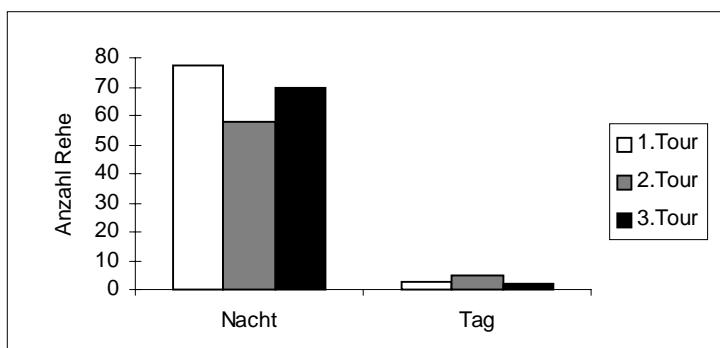


Abbildung 5: Anzahl beobachtete Rehe der einzelnen Beobachtungsaufnahmen im Wald zwischen Januar und März 1994.
Nacht: Tour 1:15.1.-1.2.94; Tour 2: 8.2.-11.2.94; Tour 3: 15.2.-5.3.94; Tag: Tour 1: 7.2.94, Tour 2: 22-23.2.94,
Tour 3: 18.3.94.

Um zu prüfen, ob zwischen den drei Beobachtungsaufnahmen in der Nacht Unterschiede auftraten, wurden die Parameter in Tabelle 4 mittels H-Tests auf Unterschiede in ihrer zentralen Tendenz geprüft. Dabei zeigten sich weder bei der Höhenverteilung, den Distanzen zu den Futterkrippen und Gewässern signifikante Unterschiede.

Parameter	χ^2	p
Höhe	1.36	0.51
Distanz zur Futterkrippe	0.20	0.90
Distanz zu Gewässern	0.46	0.79
Hangneigung	5.05	0.08
Gruppengrösse	5.39	0.07

Tabelle 4: Ergebnisse der H-Tests auf Unterschiede zwischen den drei Beobachtungsaufnahmen bezüglich der angegebenen Parameter ($n_1=37$, $n_2=32$, $n_3=46$, FG=2).

Bei der Hangneigung zeigte sich eine Tendenz zu steileren Gebieten im Übergang von der ersten (Durchschnitt 9.3°) zur zweiten Aufnahme (Durchschnitt 12.0°). Ebenfalls nur als Tendenz erwies sich eine Abnahme der Gruppengrösse. Die durchschnittliche Anzahl Rehe pro Gruppe sank von 2.0 in der ersten auf 1.5 Tiere in der dritten Aufnahme, was darauf zurückzuführen ist, dass vermehrt Einzeltiere und weniger Zweiergruppen zu beobachten waren (Abbildung 6).

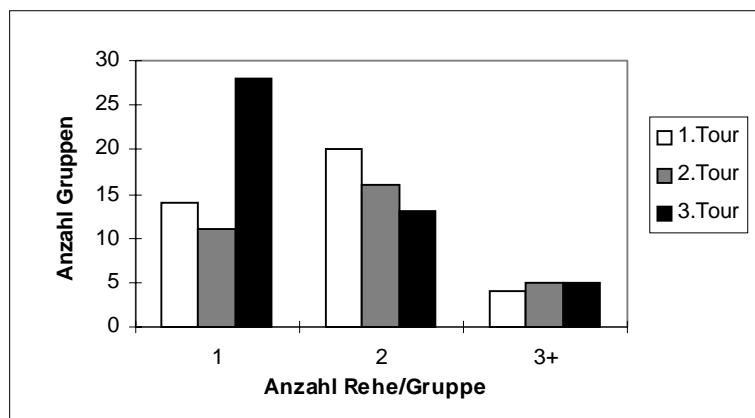


Abbildung 6: Gruppengrösse der Rehgruppen im Wald im Januar - März 1994.

4.2 Analyse des Verteilungsmusters in der Nacht

Die Anzahl Rehe, die auf den Tagestouren gesehen wurden, ist zu gering, um eine vernünftige Analyse der Einflussfaktoren durchzuführen. Deshalb beschränke ich mich im folgenden auf die Nachtbeobachtungen. Dies auch in der Annahme, dass die Verteilung der Rehe in der Nacht sehr viel weniger durch die menschlichen Aktivitäten beeinflusst wird. Die Beobachtungsorte der Rehe während der Nacht sind in Abbildung 7 dargestellt. Sie sind nicht gleichmässig über das ganze Gebiet verteilt, sondern bilden grob drei Zentren in den Gebieten (1) Schönenboden, (2) Biri-, Schröter- und Häuliboden und (3) Cholbenholz (vgl. Karte im Anhang). Zum anderen fällt eine grosse Lücke ohne Rehbeobachtungen auf, die ungefähr durch das Dreieck Spinnerweg-Waldmattstrasse/Weierbrunnenstrasse-Albishornstrasse eingefasst wird. Im folgenden gehe ich auf einzelne Faktoren ein, die die Verteilung beeinflussen

könnten, und danach auf die multivariaten Verfahren für die Extrapolation der Verteilung auf den gesamten Sihlwald.

A: χ^2 -Anpassungstests mit simultanen Konfidenzintervallen (Bonferroni z-Statistik)

Die Ergebnisse der χ^2 -Anpassungstests für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Die Verteilung der Rehgruppen bezüglich **Hangneigung** unterscheidet sich signifikant vom Angebot. Die Hangneigungsklassen über 20°, die rund 24% der Beobachtungsfläche ausmachen, weisen signifikant weniger Beobachtungen als erwartet auf. Bei der **Höhenverteilung**, die sich ebenfalls signifikant vom Angebot unterscheidet, weist die höchstgelegene Klasse der Beobachtungsfläche von 750-830m signifikant weniger Rehgruppen auf. Die Klasse 630-670m weist signifikant mehr Rehgruppen auf, was vermutlich mit den auf der gleichen Höhe plazierten Fütterungsstellen im Zusammenhang steht. Im Nahbereich dieser **Futterkrippen** (100m Radius) halten sich signifikant mehr Rehgruppen auf. Die zusätzlich in diesen Gebieten sich aufhaltenden Tiere betreffen etwa 12.7% aller beobachteten Rehgruppen. Ab Distanzen über 100m entfernt von den Futterkrippen liessen sich keine Unterschiede im Vergleich zu einer gleichmässigen Verteilung nachweisen.

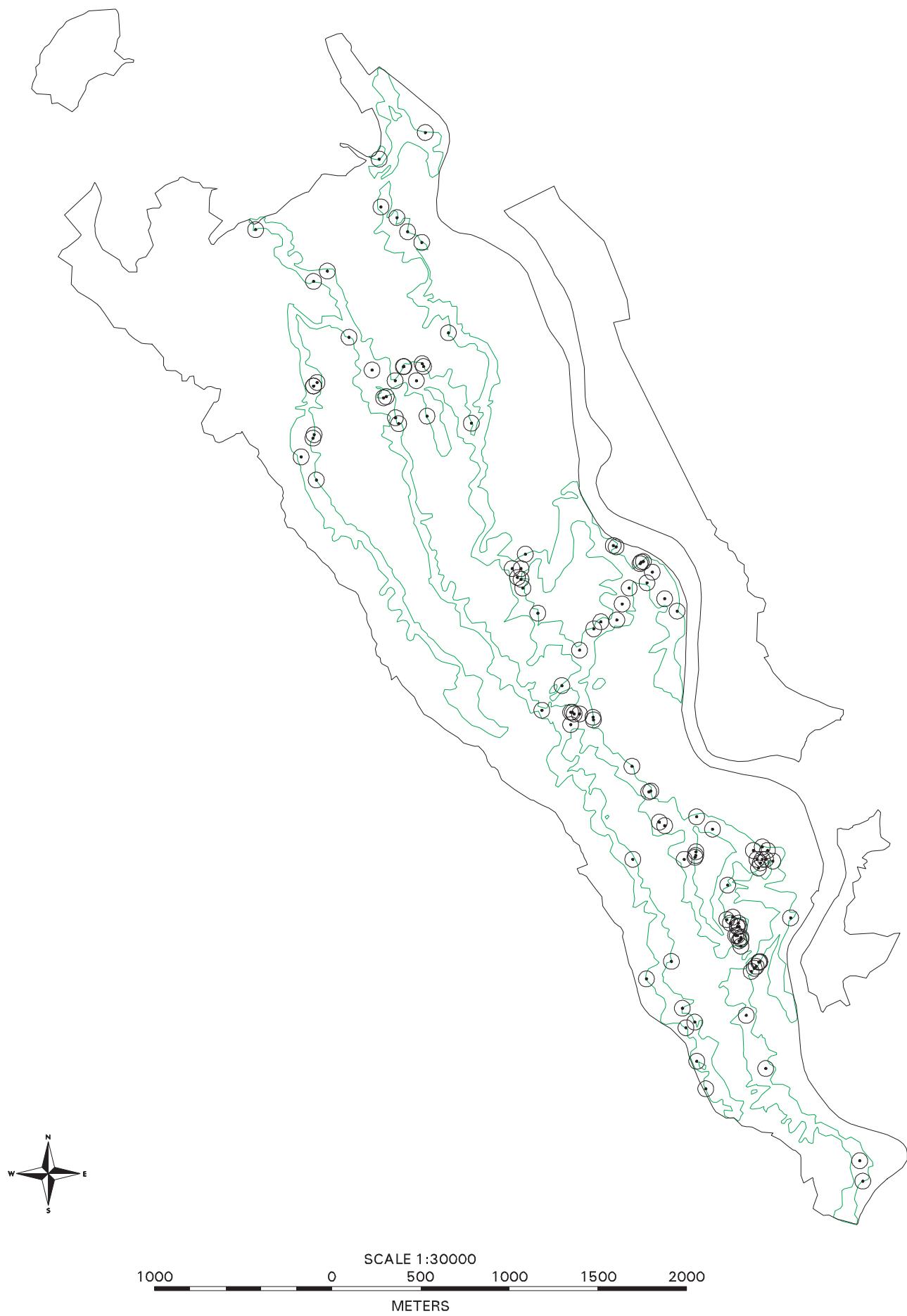
Parameter	n	FG	χ^2	p
Hangneigung	115	6	29.9	<0.001
Höhe	115	7	24.7	<0.001
Distanz Futterkrippe	115	6	64.3	<0.001
Entwicklungsstadium	115	5	14.0	0.015
Anzahl Waldschichten	115	2	0.96	0.62
Hauptbaumart Oberschicht	115	3	13.0	0.005
Hauptbaumart Mittelschicht	115	3	6.0	0.11
Hauptbaumart Unterschicht	115	3	1.6	0.67
Anteil Nadelbäume Oberschicht	115	4	13.2	0.01
Anteil Nadelbäume Mittelschicht	115	3	4.4	0.23
Anteil Nadelbäume Unterschicht	115	3	3.2	0.36
Artenzahl Oberschicht	115	4	9.8	0.04
Artenzahl Mittelschicht	115	4	8.9	0.06
Artenzahl Unterschicht	115	5	13.4	0.02
Dichte Oberschicht	115	5	8.8	0.12
Dichte Mittelschicht	112	4	6.5	0.16
Dichte Unterschicht	115	4	19.1	<0.001
Pflanzensoziologische Einheit	115	9	63.3	<0.001

Tabelle 5: Vergleich der Verteilung der Rehe im Wald mit dem Angebot. Ergebnisse der χ^2 -Tests.

Ein Unterschied zeigt sich auch in der Verteilung bezüglich **Entwicklungsstadium** (Alter) des Waldbestandes. Interessanterweise wurden in

Abbildung 7: Beobachtungsorte (Kreise) der Rehe innerhalb des Beobachtungsgebietes im Sihlwald. Ein Kreis repräsentiert mindestens eine Gruppe.

Beobachtungsorte im Wald



den ältesten Beständen (Stadien 6 und 7) weniger Rehgruppen als erwartet beobachtet. In den anderen Stadien zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zum Angebot. Zwei im Sihlwald eng zusammenhängende Waldparameter sind **Hauptbaumart** und der **Anteil Nadelbäume** in der Oberschicht, weil Buche und Fichte zusammen flächenmässig rund 92% der Hauptbaumarten ausmachen. Bei der Hauptbaumart weisen Bestände mit Buche signifikant weniger, solche mit Fichte als Hauptbaumart signifikant mehr Rehgruppen als zu erwarten auf. Dem entsprechend sind signifikant weniger Rehgruppen in Beständen mit einem Anteil an Nadelbäumen von 0-10% beobachtet worden. Ebenfalls einen Unterschied zwischen Rehgruppenverteilung und Angebot gibt es bezüglich der **Unterschichtdichte**. Bestände mit 40-50% Dichte weisen signifikant mehr, solche mit 60-70% signifikant weniger Gruppen auf. Diese entgegengesetzte Reaktion zwischen benachbarten Dichteklassen muss vermutlich als Hinweis auf eine Überlagerung mit anderen Faktoren gedeutet werden. Ebenfalls in diesem Sinn ist vermutlich der signifikante Unterschied zwischen der Verteilung Rehgruppen und dem Angebot bezüglich der **Anzahl Arten** in der **Unterschicht** zu betrachten. In Gebieten mit nur einer Baumart in der Unterschicht waren signifikant mehr, in Gebieten mit drei Baumarten signifikant weniger Rehgruppen zu beobachten. Die anderen untersuchten Waldbestandesparameter zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen Rehgruppenverteilung und flächenmässigem Angebot. Beim Vergleich der Rehgruppenverteilung bezüglich der potentiellen **pflanzensoziologischen Gesellschaft** zeigte sich, dass in Gebieten mit zu erwartendem Waldmeister-Buchenwald signifikant mehr, in solchen mit Aronstab-Buchenwald signifikant weniger Rehgruppen anzutreffen waren.

Bei den hier verwendeten Bestandenserhebungen 1990 waren die Förster aufgefordert, die einzelnen Bestände danach zu beurteilen, ob diese als **Reservatszonen** ausgeschieden werden sollen. Interessanterweise ergab sich bei der Analyse, dass in den Gebieten, die als 'für eine Reservatszone geeignet' bezeichnet wurden, signifikant weniger Rehgruppen als erwartet beobachtet wurden (χ^2 -Test, $\chi^2=11.1$, $n=109$, $FG=1$, $p<0.001$).

B: Logistische Regression

Im Hinblick auf eine anschliessende Extrapolation auf den gesamten Sihlwald wurde als erstes Verfahren eine **schrittweise logistische Regression** (SLR) gerechnet. Das berechnete Modell ist hochsignifikant ($\chi^2=311.8$, $FG=48$,

p<0.0001) und erreicht eine überraschend hohe Zuordnungsgenauigkeit von fast 96%. Ins Modell wurden 9 Variablen aufgenommen (Tabelle 6), wovon die Höhenverteilung, Distanz zur Futterkrippe, Dichte der Unterschicht und Anteil Nadelbäume in der Oberschicht mit den Resultaten des vorhergehenden Kapitels übereinstimmen. Im Unterschied zu den vorangegangenen univariaten Vergleichen wurden zusätzlich folgende Variablen als signifikant miteinbezogen:

- Hauptbaumart der Unterschicht
- Hauptbaumart der Mittelschicht
- Anzahl Waldschichten
- Dichte der Oberschicht

Von den in den univariaten Vergleichen signifikanten Variablen wurden jedoch die Hangneigung, Anzahl Baumarten in der Unterschicht und die potentielle Waldgesellschaft nicht ins Modell aufgenommen.

Variable	Variable	B	S.E.	Wald	df	p	R	Exp(B)	Sig +/-
Dichte Oberschicht				7.2256	3	0.065	0.0597		
	20-40%	20.1138	73.984	0.0739	1	0.7857	0	5.44E+08	
	40-60%	8.872	3.4118	6.7619	1	0.0093	0.1177	7129.81	-
	60-80%	-1.4097	1.5277	0.8515	1	0.3561	0	0.2442	
Dichte Unterschicht				13.5192	4	0.009	0.1267		
	0-20%	0.3016	3.5311	0.0073	1	0.9319	0	1.352	
	20-40%	2.0667	2.4175	0.7308	1	0.3926	0	7.8985	
	40-60%	-9.1025	2.7611	10.8684	1	0.001	-0.1606	0.0001	+
	60-80%	3.2286	2.6084	1.5321	1	0.2158	0	25.2431	
Anzahl Waldschichten				9.4015	2	0.0091	0.1253		
	1	-13.3414	4.9905	7.1468	1	0.0075	-0.1223	0	+
	2	0.8388	1.9834	0.1788	1	0.6724	0	2.3135	
Distanz zur Futterkrippe		0.0154	0.0041	14.0729	1	0.0002	0.1873	1.0155	-
Distanz zum Gewässer		-0.0759	0.0198	14.7045	1	0.0001	-0.1922	0.9269	+
Hauptbaumart Unterschicht				11.5847	3	0.009	0.1274		
	Ahorn	-15.9465	6.897	5.3458	1	0.0208	-0.0986	0	+
	Rotbuche	-17.0829	5.79	8.705	1	0.0032	-0.1396	0	+
	Esche	-11.6876	5.1715	5.1076	1	0.0238	-0.095	0	+
Hauptbaumart Mittelschicht				10.9339	4	0.0273	0.0923		
	Rotbuche	13.6307	164.2967	0.0069	1	0.9339	0	831289.2	
	-	4.3883	164.314	0.0007	1	0.9787	0	80.4997	
	Tanne	13.2977	164.3072	0.0065	1	0.9355	0	595812.8	
%Nadelbäume Oberschicht				17.4016	164.2967	0.0112	1	0.9156	0
								36094461	
	0-20%	-4.3491	2.3712	3.3639	1	0.0666	-0.063	0.0129	
	20-40%	-16.3709	4.6364	12.4677	1	0.0004	-0.1744	0	+
Höhe über Meer	40-60%	-21.045	5.9047	12.703	1	0.0004	-0.1764	0	+
	60-80%	-7.0083	3.7821	3.4338	1	0.0639	-0.0646	0.0009	
				14.8944	7	0.0374	0.051		
	470-510m	10.6922	5.1327	4.3396	1	0.0372	0.0825	44009.15	-
	510-550m	10.5611	4.8871	4.6699	1	0.0307	0.0881	38605.12	-
	550-590m	-6.9237	3.0574	5.1284	1	0.0235	-0.0954	0.001	+
Konstante	590-630m	-5.3881	3.0262	3.1701	1	0.075	-0.0583	0.0046	
	630-670m	-9.7484	4.8971	3.9627	1	0.0465	-0.0755	0.0001	+
	670-710m	-1.1669	2.9033	0.1616	1	0.6877	0	0.3113	
	710-750m	-6.825	3.0183	5.113	1	0.0237	-0.0951	0.0011	+
	Konstante	12.8306	164.5504	0.0061	1	0.9378			

Tabelle 6: Die 9 bei der schrittweisen logistischen Regression im Modell aufgenommenen Variablen. Die Reihenfolge in der Tabelle entspricht nicht denjenigen, in welchen die Variablen in das Modell aufgenommen wurden. Negative B-Werte bedeuten einen positiven Effekt auf das Rehvorkommen, positive einen negativen Effekt. B = Koeffizient, S.E. = Standardfehler, df = Freiheitsgrade, R = partieller Korrelationskoeffizient, Sig.+- = signifikant positiver (+) bzw. negativer Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit von Rehvorkommen.

Die Variablen bzw. Klassen aus den Variablen, die sich signifikant negativ auf die Wahrscheinlichkeit des Rehvorkommens auswirken, sind eine grosse Distanz zur Futterkrippe, Dichte der Oberschicht = 40-60% und tief liegende Gebiete: 470-510m, 510-550m. Als signifikant positiv gewertet wurden: grosse Distanz zu Gewässern, Dichte der Unterschicht = 40-60%, Anteil Nadelbäume in der Oberschicht = 20-40% und 40-60%, Hauptbaumarten in der Unterschicht Ahorn, Buche und Esche, nur eine einzige Waldschicht vorkommend (d.h. nur Oberschicht) und die Höhenklassen 550-590m, 630-670m, 710-750m.

C: Schrittweise multiple (lineare) Regression

Als zweites Verfahren wurde eine **multiple lineare Regression** (MR) mit Dummyvariablen gerechnet. Dieses Modell ist ebenfalls hochsignifikant (Tabelle 7) und erklärt rund 77% der Variation.

	df	Sum of Squares	Mean Square	F	p
Regression	66	0.16639718	0.00252117	28.21	0.0001
Error	554	0.04950693	0.00008936		
Total	620	0.21590411			

Tabelle 7: Übersicht über das Ergebnis der multiplen linearen Regression.

Das Modell enthält mit 23 bedeutend mehr Variablen als die logistische Regression (Tabelle 8).

Variable	Koeffizient	Error	Sum of Squares	F	p	Sig. +/-
Konstante	0.052809	0.0026746	0.03484	389.85	0.0001	
Distanz zum Gewässer	0.000021	0.0000091	0.00046	5.18	0.0232	+
Distanz zur Futterkrippe	-0.000036	0.0000031	0.01210	135.36	0.0001	-
Hangneigung	12-16°	-0.002370	0.0010651	0.00044	4.95	0.0265
	16-20°	-0.003193	0.0013204	0.00052	5.85	0.0159
	20-24°	-0.004585	0.0017475	0.00062	6.89	0.0089
	>24°	-0.002806	0.0014655	0.00033	3.67	0.0560
Höhe über Meer	510-550m	0.006381	0.0017956	0.00113	12.63	0.0004
	550-590m	0.002486	0.0014799	0.00025	2.82	0.0935
	630-670m	0.003598	0.0012708	0.00072	8.02	0.0048
	750-790m	-0.006494	0.0018063	0.00115	12.92	0.0004
Dichte Unterschicht	20-40%	-0.008499	0.0017855	0.00202	22.66	0.0001
	40-60%	0.008975	0.0015795	0.00289	32.29	0.0001
	80-100%	0.007900	0.0026317	0.00081	9.01	0.0028
Dichte Oberschicht	20-40%	0.017804	0.0046793	0.00129	14.48	0.0002
	60-80%	0.012215	0.0014965	0.00595	66.62	0.0001
	100%	0.009242	0.0019290	0.00205	22.95	0.0001
Dichte Mittelschicht	40-60%	-0.004322	0.0022974	0.00032	3.54	0.0605
	60-80%	-0.055276	0.0132895	0.00155	17.30	0.0001
	80-100%	-0.049405	0.0089857	0.00270	30.23	0.0001
Artenzahl Unterschicht	1	0.017665	0.0029226	0.00326	36.53	0.0001
	2	0.008086	0.0028058	0.00074	8.31	0.0041
	3	0.005270	0.0026470	0.00035	3.96	0.0470
	4	-0.006459	0.0026608	0.00053	5.89	0.0155
	5	-0.006089	0.0027636	0.00043	4.85	0.0280
Artenzahl Oberschicht	1	0.021735	0.0103944	0.00039	4.37	0.0370
	2	-0.018929	0.0030269	0.00349	39.11	0.0001
	3	-0.020403	0.0019294	0.00999	111.83	0.0001
	4	-0.009556	0.0018913	0.00228	25.53	0.0001
	6	-0.010086	0.0021989	0.00188	21.04	0.0001
Artenzahl Mittelschicht	2	-0.016766	0.0018963	0.00699	78.17	0.0001
	3	-0.004040	0.0016793	0.00052	5.79	0.0165
	4	-0.009317	0.0021911	0.00162	18.08	0.0001
	5	-0.009870	0.0034180	0.00075	8.34	0.0040
	6	-0.020955	0.0068891	0.00083	9.25	0.0025
%Nadelbäume Oberschicht	20-40%	0.006845	0.0019803	0.00107	11.95	0.0006
	40-60%	0.009963	0.0025391	0.00138	15.40	0.0001
	80-100%	0.023368	0.0033188	0.00443	49.58	0.0001
	100%	-0.029489	0.0107646	0.00067	7.50	0.0064
%Nadelbäume Mittelschicht	40-60%	0.009115	0.0047203	0.00033	3.73	0.0540
	60-80%	0.008093	0.0027093	0.00080	8.92	0.0029
	80-100%	-0.022035	0.0062559	0.00111	12.41	0.0005
Entwicklungsstufe	stufig	-0.013538	0.0029730	0.00185	20.74	0.0001
	60-80 J.	-0.004489	0.0016887	0.00063	7.07	0.0081
	80-100 J.	-0.012214	0.0022087	0.00273	30.58	0.0001
	100-120 J.	-0.015014	0.0026355	0.00290	32.46	0.0001
	> 120 J.	-0.009128	0.0037665	0.00052	5.87	0.0157
Exposition	292.5°-337.5°	-0.003970	0.0021686	0.00030	3.35	0.0677
Mittelschicht Esche	20-40%	0.031521	0.0067953	0.00192	21.52	0.0001
	40-60%	0.054695	0.0143077	0.00131	14.61	0.0001
Mittelschicht Tanne	20-40%	0.019598	0.0070023	0.00070	7.83	0.0053
Oberschicht Buche	40-60%	0.008396	0.0014217	0.00312	34.88	0.0001
	60-80%	0.013469	0.0024918	0.00261	29.22	0.0001
	100%	-0.037676	0.0148759	0.00057	6.41	0.0116
Oberschicht Esche	20-40%	-0.012429	0.0015257	0.00593	66.36	0.0001
	40-60%	0.012834	0.0032141	0.00142	15.95	0.0001
Oberschicht Ahorn	20-40%	0.010783	0.0042951	0.00056	6.30	0.0123
Oberschicht Fichte	20-40%	-0.006332	0.0020546	0.00085	9.50	0.0022
	40-60%	-0.006916	0.0021559	0.00092	10.29	0.0014
	60-80%	-0.012688	0.0032583	0.00136	15.16	0.0001
Oberschicht Tanne	80-100%	-0.046160	0.0141668	0.00095	10.62	0.0012
Unterschicht Buche	20-40%	-0.009223	0.0020389	0.00183	20.46	0.0001
	40-60%	-0.014594	0.0021171	0.00425	47.52	0.0001
	60-80%	-0.028334	0.0030336	0.00780	87.24	0.0001
	80-100%	-0.011361	0.0047959	0.00050	5.61	0.0182
Unterschicht Esche	20-40%	-0.008353	0.0018202	0.00188	21.06	0.0001
	40-60%	-0.020687	0.0068905	0.00081	9.01	0.0028

Tabelle 8: Variablen der multiplen linearen Regression. Die Reihenfolge in der Tabelle entspricht nicht derjenigen, in welcher die Variablen in das Modell aufgenommen wurden. Positive Koeffizienten bedeuten einen positiven Effekt auf das Rehvorkommen, negative einen negativen Effekt.

Sechs der Variablen wurden schon in der logistischen Regression als signifikant ins Modell aufgenommen. Es sind dies Dichte der Ober- und Unterschicht,

Distanz zur Futterkrippe und zum nächsten Gewässer, Nadelholzanteil in der Oberschicht und Höhe über Meer. Im Gegensatz dazu wurde die Anzahl Waldschichten nicht ins Modell aufgenommen. Andererseits wurden die folgenden Variablen ins multiple lineare Regressionsmodell aufgenommen, die sich bei der SLR nicht als signifikant erwiesen:

- Hangneigung
- Dichte der Mittelschicht
- Entwicklungsstadium
- Nadelholzanteil der Mittelschicht
- Anzahl Baumarten der Ober-, Mittel- und Unterschicht
- Exposition

Neu hinzu kamen bei der multiplen Regression die berechneten Dichten einzelner Baumarten in den drei Waldschichten, die die Einteilung in Haupt- und Nebenbaumarten ersetzten.

Für den Vergleich der verwendeten Verfahren werden hier zuerst die selektierten Variablen und im anschliessenden Kapitel 4.3 auch die räumlichen Muster der Extrapolationen gegenübergestellt. In Tabelle 9 sind die Variablen aufgelistet, die in mindestens zwei Verfahren Signifikanzen aufwiesen.

	χ^2	SLR	MR
Dichte der Unterschicht	x	x	x
Distanz zur Futterkrippe	x	x	x
Nadelholzanteil der Oberschicht	x	x	x
Höhe über Meer	x	x	x
Dichte der Oberschicht		x	x
Distanz zum Gewässer	.	x	x
Hangneigung	x		x
Artenzahl der Ober-, Mittel- und Unterschicht	x		x
Entwicklungsstadium	x		x
Hauptbaumart der Oberschicht	x	x	.

Tabelle 9: Vergleich der signifikanten Variablen der drei Analyseverfahren: Chi²-Tests mit simultanen Konfidenzintervallen, schrittweise logistische Regression (SLR), multiple lineare Regression (MR)

Vier Variablen wurden bei allen Verfahren als signifikant bewertet. Es sind dies Dichte der Unterschicht, Distanz zur Futterkrippe, Nadelholzanteil der Oberschicht und Höhe über Meer. Überall als günstig bewertet wurde eine kleine Distanz zur Futterkrippe, 40-60% Dichte der Unterschicht und Vorkommen von Nadelholz. Die Höhe über Meer als indirekte Variable ging unterschiedlich in die einzelnen Modelle ein. Weitere acht Variablen ergaben Signifikanzen in jeweils zwei Verfahren. Die restlichen Variablen gingen nur in jeweils einer der Analysemethoden als wichtig ein.

4.3 Extrapolation auf den ganzen Sihlwald

Mit Hilfe des berechneten logistischen Regressionsmodells (SLR) wurde nun im Geographischen Informationssystem eine Extrapolation auf den gesamten Sihlwald gerechnet. Das Ergebnis ist in Abbildung 8 dargestellt.

Wie zu erwarten zeigt sich eine gute Deckung der Rehbeobachtungen mit den Gebieten hoher Auftretenswahrscheinlichkeit von Rehen (hellgrüner Bereich). Es tritt ein Mosaikmuster von Flächen mit hoher und solchen mit niedriger Wahrscheinlichkeit hervor, bei dem die aufgrund der Beobachtungen erfolgten Einteilung in die drei Zentren (1) Schönenboden, (2) Biri-, Schröter- und Häuliboden und (3) Cholbenholz immer noch abgegrenzt werden können, wenn auch (1) und (3) grossflächiger als vermutet erscheinen (für Ortsbezeichnungen siehe Abbildung 2 und Karte im Anhang). Die erwähnte Lücke in den Beobachtungen im westlichen Mittelteil des Sihlwalds manifestiert sich vor allem in den höheren Lagen als grösseres Gebiet mit kleiner Wahrscheinlichkeit von Rehbeobachtungen. Ansonsten sind keine grosse zusammenhängende Teile mit kleiner Wahrscheinlichkeit erkennbar. Die Gesamtfläche der Gebiete mit einer Wahrscheinlichkeit von über 50% beträgt für den Sihlwald links der Sihl rund 56%. Wahrscheinlichkeiten über 5% ergeben sich bei 65% der Fläche. Die Gebiete der Stadtwaldungen rechts der Sihl und das Gebiet Winzelen nördlich der Albispasstrasse ergeben kleine Wahrscheinlichkeiten von Rehbeobachtungen. Die Zone mit einer Wahrscheinlichkeit über 50% entspricht in diesen Gebieten rund 26% der Fläche. Das entsprechende Flächenangebot für Auftretenswahrscheinlichkeiten über 5% beläuft sich auf 33% (Abbildung 8).

Die Extrapolation der Rehverteilung mittels multipler Regression (MR) auf den gesamten Sihlwald ist in Abbildung 9 dargestellt. Auffällig ist, dass rund 20% der

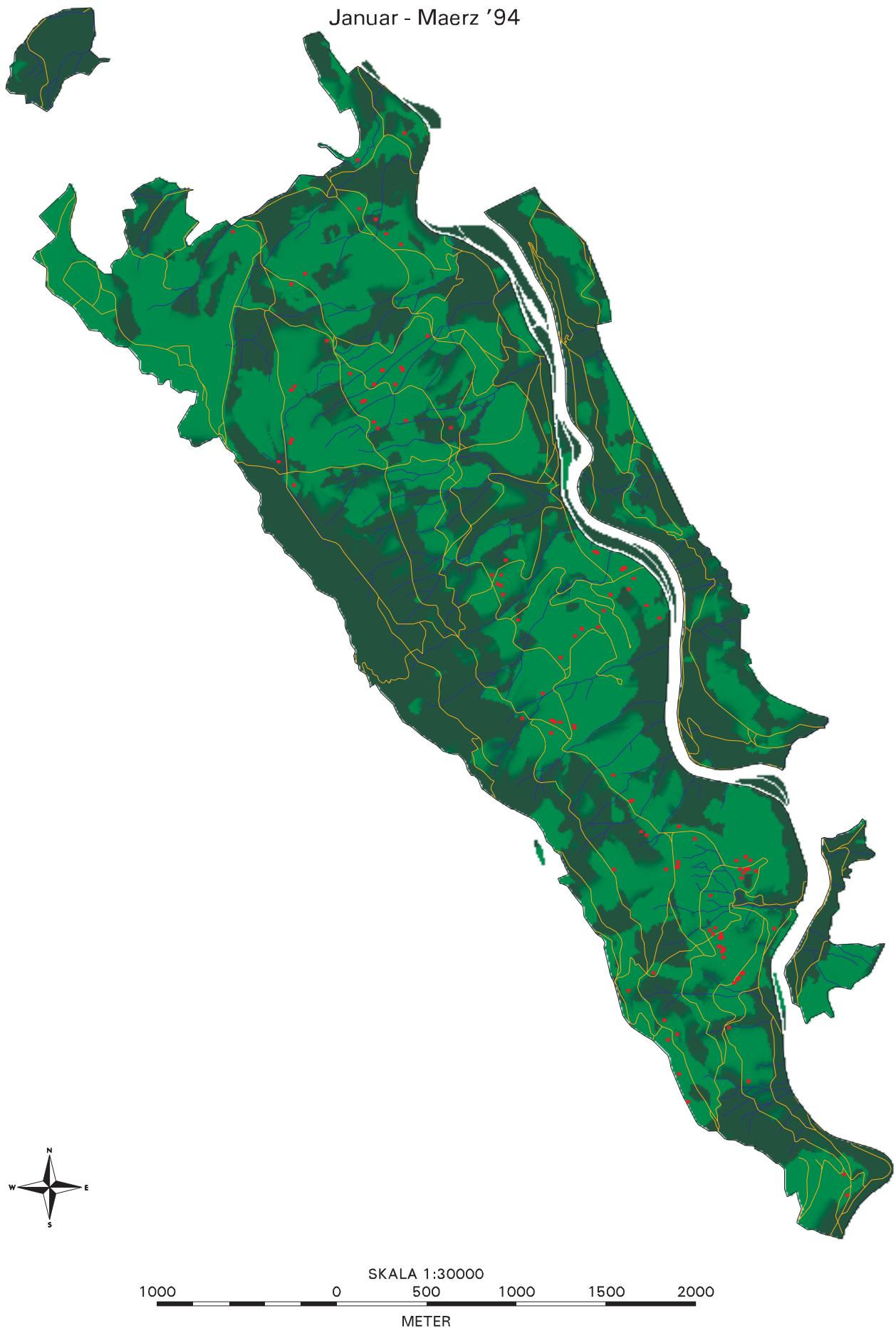
Abbildung 8: Resultat der Extrapolation mittels logistischer Regression. Grüne Bereiche geben eine hohe Wahrscheinlichkeit von Rehvorkommen, schwarze Bereiche eine kleine Wahrscheinlichkeit an. Eingezeichnet sind zudem die Beobachtungsorte (rot) und als Orientierungshilfen das Gewässernetz (blau) und das Wegnetz (braun).

Abbildung 9: Resultat der Extrapolation mittels linearer Regression. Hellgrüne Bereiche bezeichnen berechnete Gebiete mit hohen Dichten, schwarze Bereiche solche mit kleinen bzw. Dichten von 0. Zudem sind die Beobachtungsorte (rot) das Gewässernetz (blau) und das Wegnetz (braun) als Orientierungshilfen eingezeichnet.

Rehverteilung Sihlwald

Basis: Logistische Regression

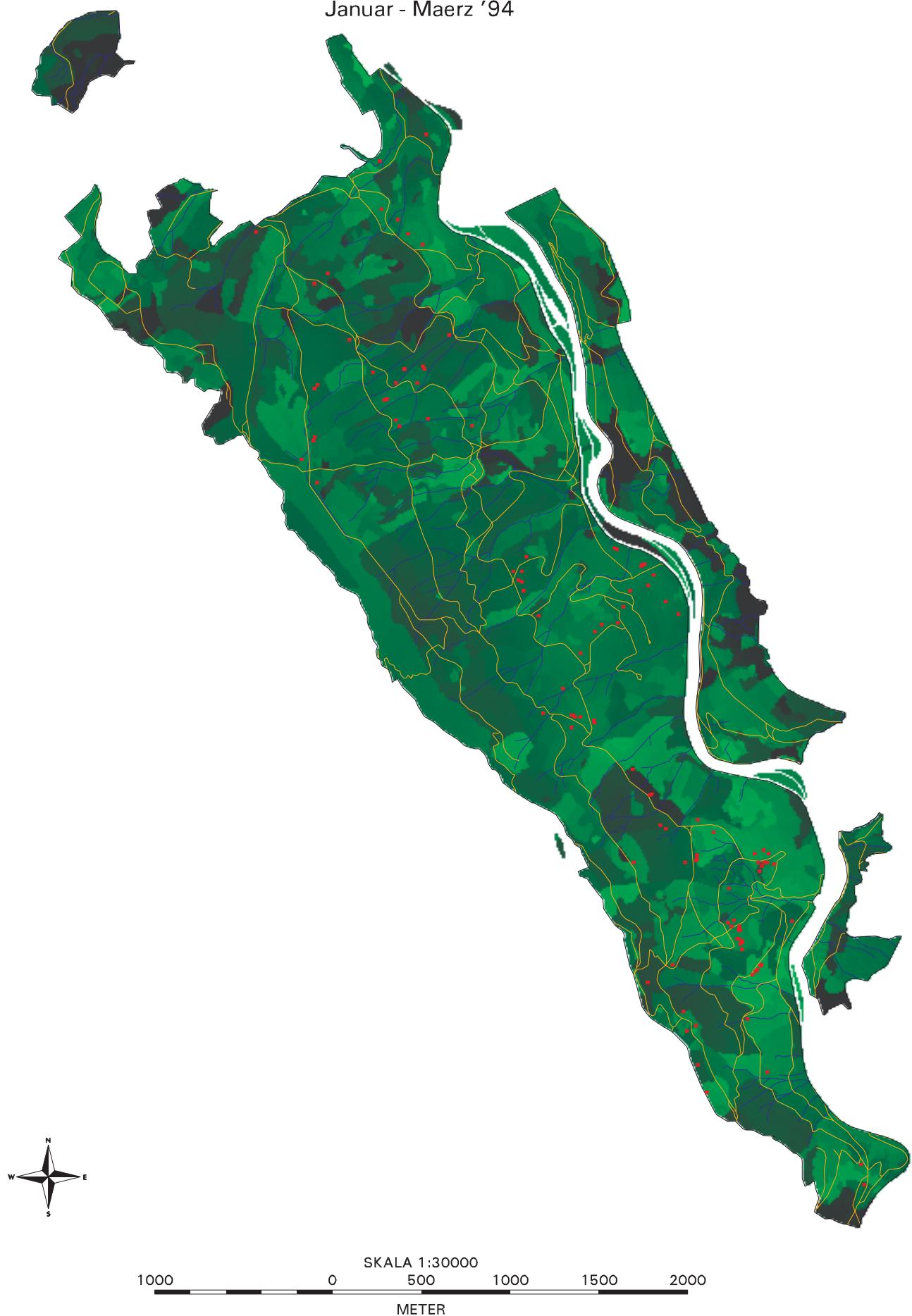
Januar - Maerz '94



Rehverteilung Sihlwald

Basis: Multiple Regression

Januar - Maerz '94



Beobachtungspunkte in Gebieten liegen, in denen aufgrund der MR keine Rehe zu erwarten sind. Von den drei oben bezeichneten Zentren treten (1) Schönenboden und (2) Biri-, Schröter- und Häuliboden wieder deutlich hervor. Das Gebiet (3) Cholbenholz im Norden des Sihlwalds enthält in der Mitte eine grössere Fläche mit berechneten Rehdichten von 0 (Abbildung 9). Etwa 800m westlich davon weisen die steilen Hänge im Raum Schnabel ebenfalls kleine Werte (≤ 0) aus der MR auf. Als dritte grosse Fläche mit kleinen berechneten Dichtewerten tritt das Dreieck Spinnerweg-Waldmattstrasse/Weierbrunnenstrasse-Albishornstrasse hervor. Im Unterschied zur SLR weist jedoch ein ca. 100m breiter Streifen entlang der Krete zwischen Schnabelburg und Weierbrunnen Werte über 0 auf. Im südlichen Teil des Sihlwalds treten drei kleinere Flächen mit kleinen Werten hervor: Roregg, das Gebiet südlich des oberen Eschentobels und der Raum Egliboden. Letzterer enthält jedoch mindestens vier Rehbeobachtungen, so dass hier von der MR sicher eine Fehleinschätzung gemacht wird. Die Gesamtfläche der Gebiete mit berechneten Dichtewerten über 0 (kernel density estimation) beträgt für den Sihlwald links der Sihl rund 66%, in den Gebieten der Stadtwaldungen rechts der Sihl und nördlich der Albispasstrasse (Winzelen) rund 59%.

Um einen räumlichen Vergleich der beiden Modelle SLR und MR zu machen, wurden die Karten der Extrapolationen zu Positiv/Negativ-Karten (mit Rehvorkommen bzw. keine Rehe erwartet) wie folgt umgerechnet:

	Rehvorkommen erwartet	keine Rehe erwartet
schrittweise logistische Regression:	Auftretenswahrscheinlichkeit $\geq 50\%$	Auftretenswahrscheinlichkeit $< 50\%$
multiple lineare Regression:	Berechnete Dichte ≤ 0	Berechnete Dichte > 0

Dann wurde eine Differenzkarte (Abbildung 10) berechnet, bei der nun Gebiete, die von beiden Modellen als positiv (mit erwartetem Rehvorkommen) bewertet wurden, grau eingefärbt sind, Gebiete, die von beiden Modellen als negativ (keine Rehe erwartet) bewertet wurden, schwarz markiert sind. Flächen, die unterschiedlich bewertet wurden, sind weiss dargestellt. Flächen kleiner als 1 Hektare wurden der umliegenden Fläche zugewiesen.

Die beiden Modelle stimmen in diesem recht groben Vergleich in mehreren Punkten überein. Die schon mehrmals erwähnten Gebiete (1) Schönenboden und (2) Biri-, Schröter- und Häuliboden und die Lücke im Dreieck Spinnerweg-Waldmattstrasse/Weierbrunnenstrasse-Albishornstrasse stimmen in der

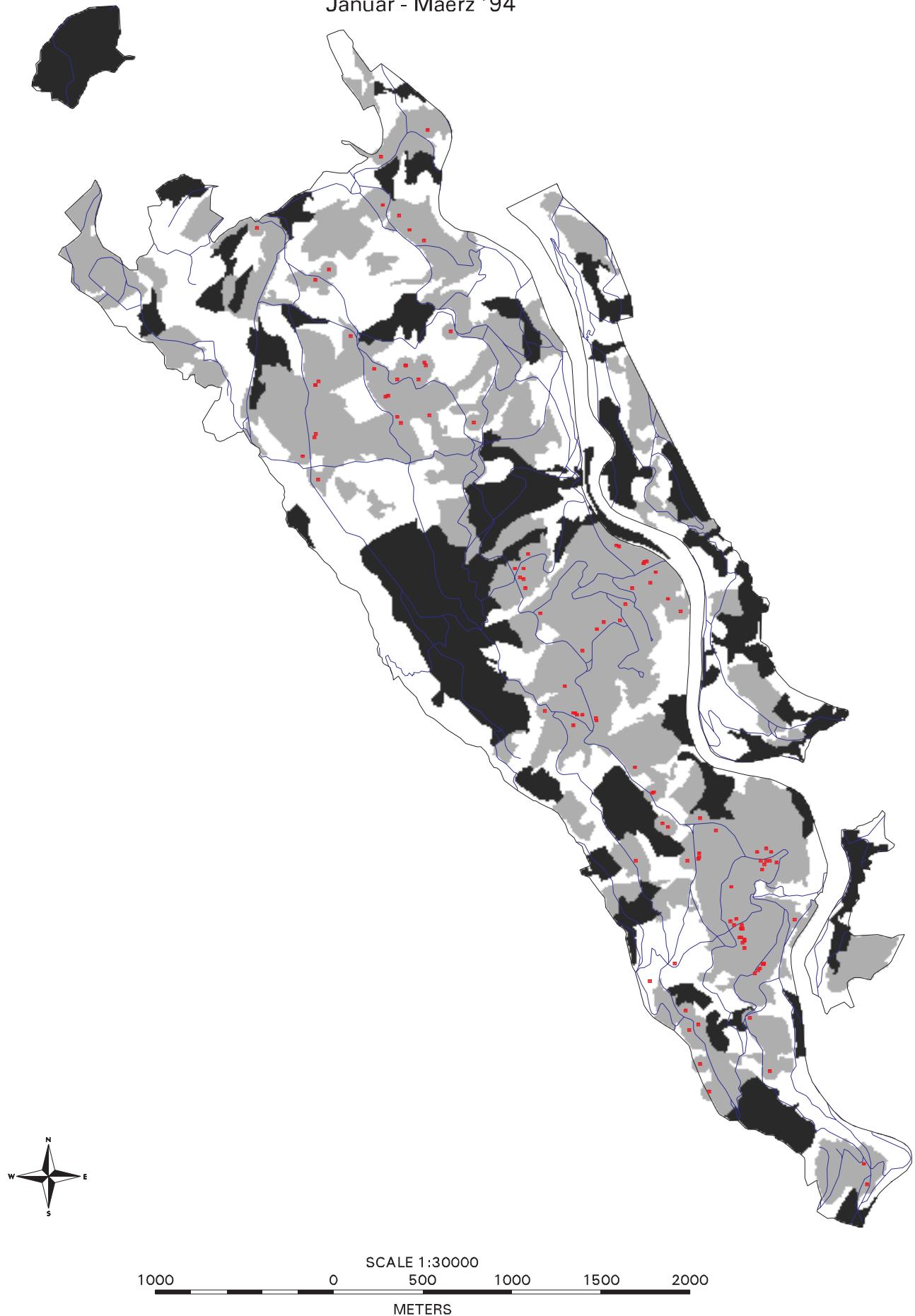
Bewertung überein. Die Gebiete Roregg und Egliboden werden ebenfalls weitgehend übereinstimmend als Flächen ohne erwartetem Rehvorkommen bewertet. Dagegen weist der nördliche Sihlwald recht grosse Unterschiede zwischen den Modellen auf. Beide Modelle stimmen jedoch im Gebiet Winzelen nördlich des Albispasses wieder überein.

Abbildung 10: Differenzkarte der Ergebnisse der beiden Extrapolationsverfahren. Schwarz eingefärbt sind Gebiete, die von beiden Verfahren übereinstimmend als ohne Vorkommen, grau solche mit Rehvorkommen eingestuft werden (vgl. Text). In den weissen Gebieten besteht keine Übereinstimmung zwischen den Verfahren. Wiederum sind die Beobachtungsorte und das Wegnetz als Orientierungshilfen eingezeichnet.

Rehverteilung Sihlwald

Differenzkarte SLR - MR

Januar - Maerz '94



5 Verteilungsmuster am Waldrand

Die Austritte der Rehe aus dem Wald ins offene Kulturland zeigen zwei ausgeprägte Muster, die durch die beiden sich überlagernden Faktoren, Tageszeit und Jahreszeit, geformt werden. Zusätzlich existieren viele weniger deutliche Muster, von denen einige im folgenden ebenfalls dargestellt werden. Die Ergebnisse der Zählungen für Fuchs, Hase, Dachs und Mensch sind im Anhang zusammengestellt.

5.1 Vergleich Tag - Nacht

Ein stark ausgeprägtes Muster ist in der tageszeitlichen Nutzung der Waldränder ersichtlich (Abbildung 11).

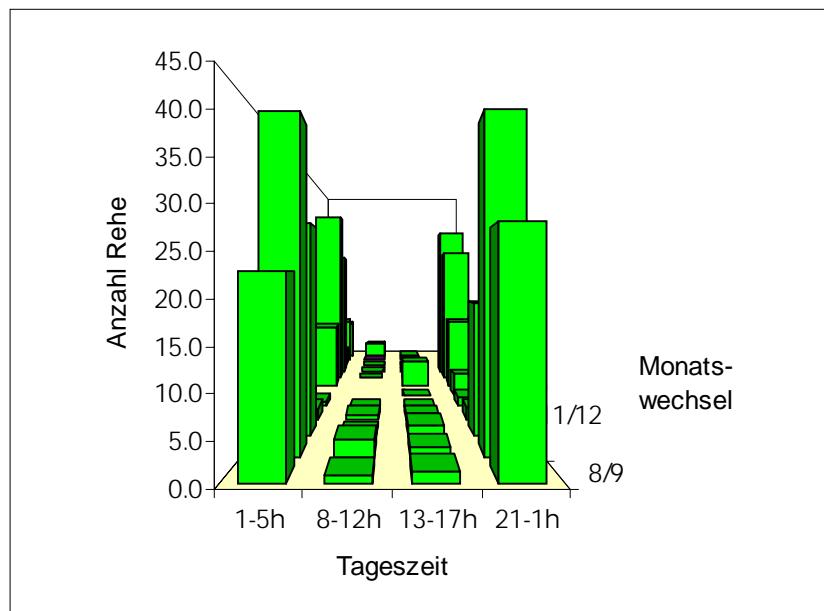


Abbildung 11: Anzahl durchschnittlich pro Rundgang beobachteter Rehe in den einzelnen Zeitblöcken am Waldrand.

Die Austritte aus dem Wald finden zu einem überwiegenden Teil - es handelt sich um über 95% der beobachteten Tiere - nachts statt.

Am Tag halten sich die Rehgruppen mit einer durchschnittlichen Distanz von 13m im Vergleich zur Nacht (51m) deutlich näher am Waldrand auf (MWU, $n_1=423$, $n_2=18$, $z=-5.41$, $p<0.0001$). Zudem wurden liegende Rehe am Tag sehr selten

beobachtet, wogegen in der Nacht rund 24% der Tiere lagen ($\chi^2=9.2$, DF=1, n=981, p=0.003).

5.2 Vergleich 1. und 2. Nachthälfte

Es konnte kein Unterschied in der Anzahl beobachteter Rehe zwischen der ersten und der zweiten Nachthälfte festgestellt werden (Wilcoxon matched pairs signed rank Test, $z=-0.728$, n=22, p=0.47). Ausserdem liessen sich weder Unterschiede bezüglich Distanz der Rehgruppen zum Waldrand (MWU, $n_1=226$, $n_2=256$, $z=-1.54$, p=0.12) noch in der Gruppengrösse (MWU, $n_1=249$, $n_2=267$, $z=-0.81$, p=0.42) zwischen den beiden Nachthälften nachweisen.

Auch am Tag zeigt sich kein Unterschied zwischen Morgen und Nachmittag bezüglich Anzahl beobachteter Rehe. Auf 36 Rundgängen wurden 16 Tiere am Morgen (8 Gruppen, 18 Rundgänge) und 16 Tiere am Nachmittag (10 Gruppen, 18 Rundgänge) gesehen.

5.3 Jahreszeitliche Austrittsmuster

Da die Austritte zu einem überwiegenden Teil nachts stattfinden, wird im folgenden auf die Austritte in der Nacht genauer eingegangen.

Das zweite neben dem circadianen sehr auffällige zeitliche Muster ist die saisonale Veränderung der Häufigkeit, mit der die Rehe aus dem Wald ins offene Kulturland austreten (Abbildung 12).

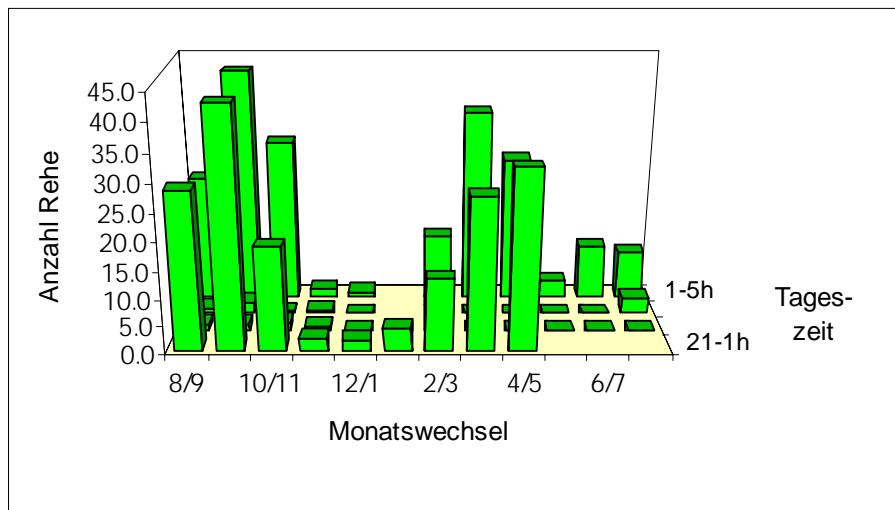


Abbildung 12: Anzahl durchschnittlich pro Rundgang beobachteter Rehe in den einzelnen Vollmondphasen (Monatswechsel) am Waldrand.

Dabei lassen sich grob vier etwa dreimonatige Phasen unterscheiden, die sich ungefähr nach den vier Jahreszeiten benennen lassen. **Herbst** und **Frühling** (8/9-10/11 bzw. 2/3-4/5) sind zwei Phasen mit sehr vielen Austritten, wobei das absolute Maximum im September/Oktober zu verzeichnen war. Im **Winter** (12/1-1/2) gab es im Vergleich dazu fast keine Austritte mehr. Abgesehen von der speziellen Situation im südlichsten Teil (vgl. Räumliche Verteilung) waren nur sehr sporadisch einzelne Tiere zu sehen. Im **Sommer** (5/6-7/8) wurden deutlich weniger Austritte als im Frühling und Herbst registriert.

Um zu prüfen, welche Monate sich anzahlmäßig voneinander unterscheiden, wurden U-Tests der aufeinanderfolgenden Monate mit den einzelnen Rundgängen als Stichproben durchgeführt¹. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt.

¹Die dabei entstehende Unsicherheit durch nichtbeobachtete Punkte wurde als relativ klein eingestuft. Die ursprüngliche Absicht, einen 'Wilcoxon Ranked Sign Test' der punktweisen Durchschnittswerte mit den einzelnen Punkten als Stichproben durchzuführen, erwies sich als schlecht. Bei kleinen Tierzahlen mit vielen Beobachtungspunkten ohne Rehe wird eher die Verteilung auf die einzelnen Punkte als die Totalanzahl Tiere getestet.

<i>Monatswechsel</i>		<i>n</i> ₁	<i>n</i> ₂	<i>z</i>	<i>p</i>
8/9	9/10	6	6	-2.40	0.016
9/10	10/11	6	6	-2.72	0.007
10/11	11/12	6	6	-2.90	0.004
11/12	12/1	6	6	-0.75	0.454
12/1	1/2	6	1	-1.56	0.120
1/2	2/3	1	2	-1.23	0.221
2/3	3/4	2	6	-2.01	0.044
3/4	4/5	6	6	-0.64	0.520
4/5	5/6	6	3	-2.38	0.017
5/6	6/7	3	3	-2.09	0.037
6/7	7/8	3	3	-0.44	0.658
7/8	8/9	3	6	-1.81	0.071

Tabelle 10: Unterschiede bezüglich der Anzahl beobachteter Rehe zwischen den aufeinanderfolgenden Monaten. Ergebnisse der U-Tests.

Die in Abbildung 12 optisch in Erscheinung tretenden Unterschiede zwischen den Monaten lassen sich somit mit Ausnahme zwischen Jan/Feb (nur ein Rundgang!) und Feb/Mar statistisch nachweisen.

Bei den Beobachtungen am Tag scheinen häufiger Rehe in der zweiten als in der ersten Jahreshälfte aus dem Wald herauskommen. Zwischen Juli und Dezember wurden tendenziell auf mehr Rundgängen Rehe beobachtet als zwischen Januar und Juni (Fischer Test, $p=0.059$, $n=38$, zweiseitig).

5.4 Gruppengrösse

Wie in Abbildung 13 ersichtlich ist, sind keine grossen Unterschiede in der Gruppengrösse im Verlauf des Jahres aufgetreten.

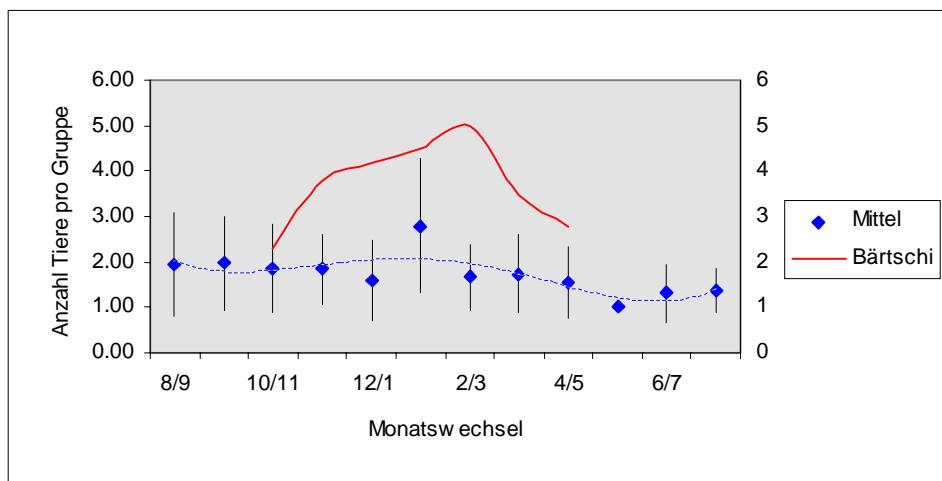


Abbildung 13: Gruppengrösse der Rehe am Waldrand im Verlauf des Jahres (Mittelwert \pm SD). Zum Vergleich sind die von Bärtschi (1979) ermittelten Durchschnittswerte der Rehgruppengröszen eingetragen.

Statistisch lassen sich dennoch über die gesamte Untersuchungsdauer Unterschiede nachweisen (H-Test, DF=11, n=567, Chi²=36.32, p=0.0001). Zwischen aufeinanderfolgenden Monaten ergibt nur der Vergleich zwischen Mond 9 und 10 eine Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 0.05 (MWU, n₁=115, n₂=9, z=-2.29, p=0.022), was sich jedoch bei der nötigen Fehleradjustierung als nicht signifikant herausstellt (p_{korrigiert}=0.26).

Fasst man mehrere Monate zusammen, so zeigt sich, dass in der Zeit zwischen Apr/Mai bis Jul/Aug (Territorialzeit, Kurt 1991) die durchschnittliche Gruppengrösse mit 1.46 Rehen/Gruppe kleiner ist als im restlichen Jahr (1.86 Rehen/Gruppe; MWU, n₁=166, n₂=399, z=-4.99, p<0.00001).

5.5 Räumliche Verteilung

Im Verlauf des Untersuchungsjahres wurden auf fast allen Beobachtungsflächen mindestens einmal Rehe gesehen. Diejenigen Flächen, auf denen nie Rehe beobachtet wurden sind in Abbildung 3 (Seite 16) als schwarze Felder dargestellt.

Es sind dies:

- Gebiet Hintere Risleten: zwei relativ kleine Wiesen(-teile), in der einen steht das Haus des Wildhüters
- Albispass: grosse Wiese an die verkehrsreiche Passstrasse angrenzend; im Norden relativ flach, durchsetzt mit (Hochstamm-) Obstbäumen. Südteil steiler, im Winter als Ski- & Schlittelhang benutzt.
- Türlen: im östlichen Teil sehr kleine, durch Albispassstrasse abgetrennte, z.T. stark überwachsene Fläche, nördlicher Teil kleinere Wiese mit einzelnen Obstbäumen, dazwischen eine fest eingezäunte Schafweide
- Houen/Ebertswil: zwei flache Wiesen, westlicher Teil ab und zu als Kuhweide genutzt, östlicher Teil mit Obstbäumen durchsetzt, daneben relativ viel Ackerland

Diese Flächen scheinen keine auffälligen Merkmale gegenüber den von Rehen benutzten Gebieten aufzuweisen. Am erstaunlichsten ist, dass die grosse Fläche auf dem Albispass nicht genutzt wird, da dort regelmässig Hasen, Füchse und seltener auch Dachse auftraten. Die daran anschliessenden Wiesen wurden hingegen relativ intensiv genutzt.

In Abbildung 14 ist die Rehverteilung für die ganze Beobachtungsperiode mittels einer 'Kernel Estimation' dargestellt. Die Flächen werden von den Rehen nicht gleichmäßig genutzt, sondern es zeigen sich deutliche Nutzungszentren und daneben wenig genutzte Flächen. Im folgenden werden nun die jahreszeitlichen Veränderungen dieser Verteilung genauer untersucht.

In Abbildung 15 ist für jeden Monat die durchschnittliche Anzahl Rehe pro Beobachtungspunkt dargestellt.

Während der meisten Zeit des Jahres verteilen sich die Austritte auf fast den gesamten Waldrand. Um Verteilungsunterschiede zwischen den einzelnen Monaten nachzuweisen, wurde ein Permutationsverfahren (MRPP, BIONDINI 1988) angewendet. Die Resultate sind in Tabelle 11 dargestellt.

M.W.	8/9	9/10	10/11	11/12	12/1	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7
9/10	0.00021										
10/11	0.31512	0.00014									
11/12	1.00000	0.29328	1.00000								
12/1	0.00038	0.09760	0.00007	0.06905							
1/2	0.07422	0.06708	0.00002	0.00016	0.00706						
2/3	0.18140	0.02044	0.03755	0.01650	0.00043	0.00589					
3/4	0.01638	0.10642	0.00373	0.52294	0.02131	0.10724	0.05752				
4/5	0.06871	0.02991	0.01258	0.94001	0.00936	0.11080	0.08111	0.52947			
5/6	1.00000	0.78604	1.00000	0.83468	0.24891	0.00035	0.03170	1.00000	1.00000		
6/7	0.16579	0.02043	0.01921	0.00429	0.00043	0.00066	0.22408	0.05603	0.08037	0.01209	
7/8	0.19531	0.02282	0.11664	0.02910	0.00050	0.00087	0.35961	0.06057	0.08643	0.05301	0.65936

p*0.05 (Bonferroni corrected(Cross&Chaffin)) = 0.001351

Mona t	8/9	9/10	10/11	11/12	12/1	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8
n=	156	259	111	16	8	14	30	188	177	9	30	29

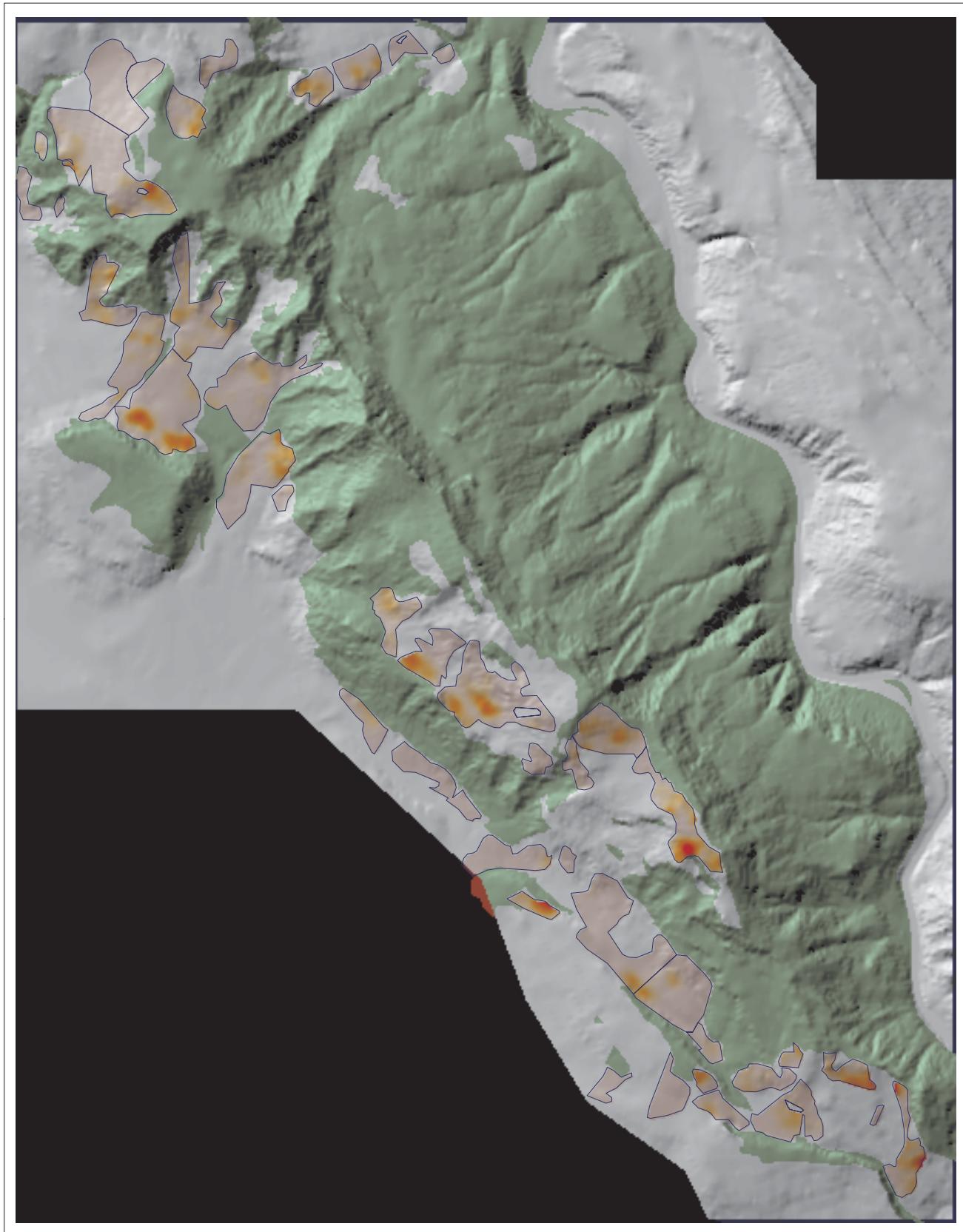
Tabelle 11: Unterschiede in der Rehverteilung im Untersuchungsgebiet zwischen den einzelnen Vollmondphasen (M.W.=Monatswechsel). Signifikanzwerte der einzelnen Berechnungen mittels MRPP-Verfahren (Biondini 1988). Die grau eingefärbten Zellen zeigen signifikante Unterschiede in der Rehverteilung zwischen den jeweiligen Monaten an. Dick eingerahmt sind die Tests der aufeinander folgenden Monate. Die meisten signifikanten Verteilungsunterschiede betreffen die Monate Dez/Jan und Jan/Feb (hellgrau). Ebenfalls eine spezielle Rehverteilung weist offensichtlich die Zeit Sep/Okt auf.

Abbildung 14: Dichteschätzung der Rehverteilung mittels 'truncated bivariate normal kernel estimation' mit Standardabweichung 25m und Radius 75m. Die Verteilungsschwerpunkte (rot) treten deutlich hervor. Als Orientierungshilfen sind die Grenzen der Beobachtungsflächen und der Sihlwald mit seinen Ausläufern (grün) eingezeichnet.

Waldrandbeobachtungen Sihlwald

Rehverteilung Aug/Sep '93 - Jul/Aug '94

Kernel Estimation ($s = 25m$, $r = 75m$)



S.Imfeld 1995

A scale bar diagram for a map. The horizontal axis represents distance in meters. At the left end, the value "500" is written above the axis. In the center, the value "0" is written above the axis. At the right end, the value "2000" is written above the axis. Above the axis, the text "SCALE 1:30000" is centered, with a vertical line connecting it to the axis. Below the axis, the word "METERS" is centered.

Bei näherer Betrachtung treten zwei Besonderheiten hervor:

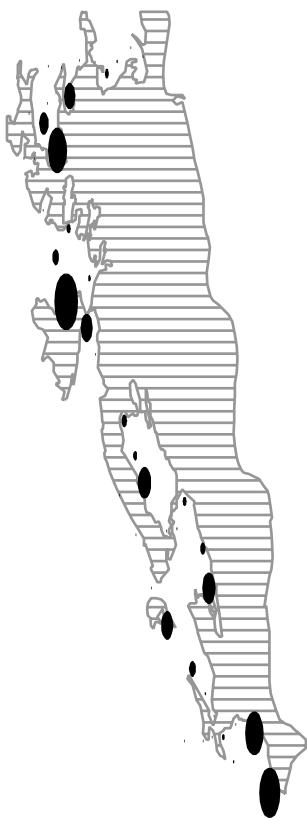
- Die Verteilung im Sep/Okt unterscheidet sich signifikant von denjenigen der angrenzenden Monate. Vermutlich spielen hierbei die gleichmässigere Verteilung und auch kleinräumige Veränderungen gegenüber Aug/Sep und Okt/Nov eine wichtige Rolle.
- Die Monate Dez/Jan und vor allem Jan/Feb weisen, verglichen mit dem restlichen Jahr, eine markant andere Verteilung auf. Im Jan/Feb besteht eine starke Konzentration von Rehen im südlichen Teil bei Sihlbrugg (Abbildung 15f). Eine Ballung von Austritten in diesem Gebiet wurde von Jägern schon in den beiden Jahren zuvor beobachtet (H.Roth, mündl. Mitteilung).

In den Abbildungen 15 k und l zeigt sich noch eine weitere Besonderheit: die Austritte in diesen Sommermonaten (Jun/Jul und Jul/Aug) konzentrieren sich in den Gebieten Gom, Mittelalbis und Oberalbis, während sich die Austritte im Frühling und Herbst auf den ganzen Waldrand verteilen (Abbildung 15 a,b,c,h,i).

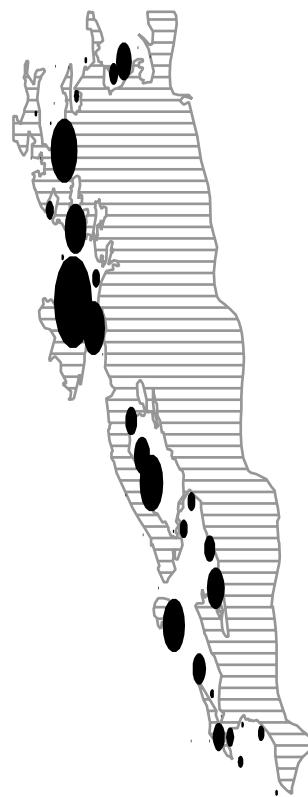
Die Höhenverteilung der Beobachtungen ist in Abbildung 16 dargestellt.

Abbildungen 15 a-l: Durchschnittliche Anzahl Rehe pro Beobachtungsroundgang und Beobachtungsfläche. Unten links ist ein Referenzpunkt eingezeichnet, der einem Reh (Durchmesser) entspricht.

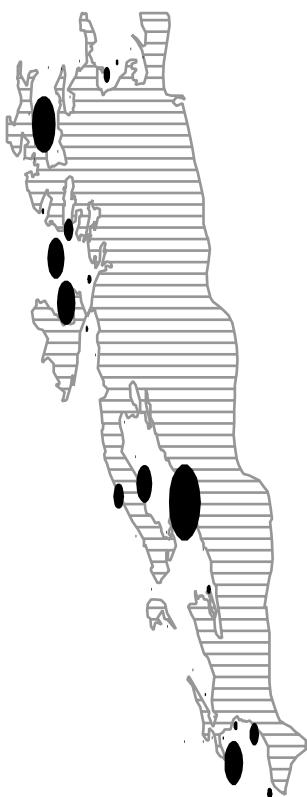
Reh Aug/Sep



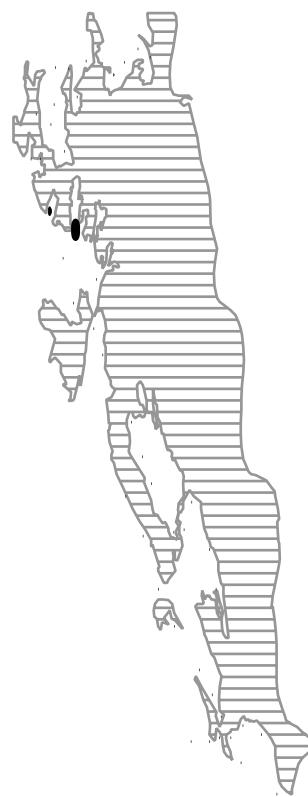
Reh Sep/Okt



Reh Okt/Nov



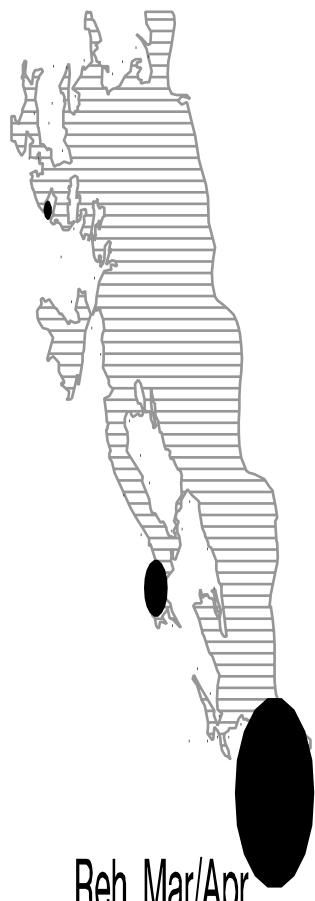
Reh Nov/Dez



Reh Dez/Jan



Reh Jan/Feb



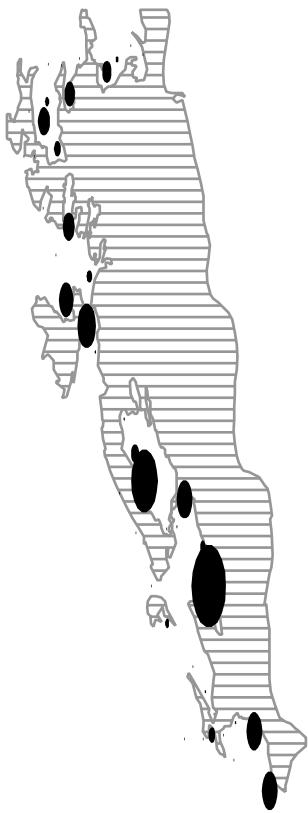
Reh Feb/Mar



Reh Mar/Apr



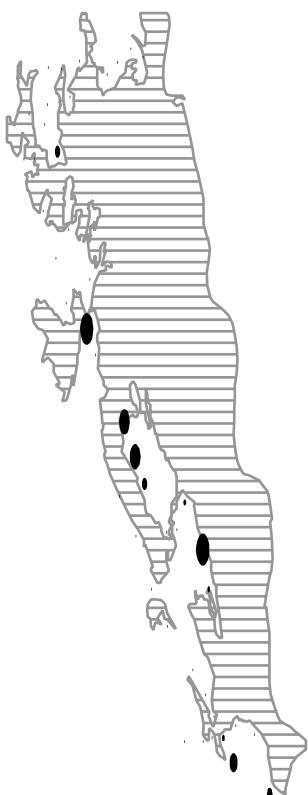
Reh Apr/Mai



Reh Mai/Jun



Reh Jun/Jul



Reh Jul/Aug



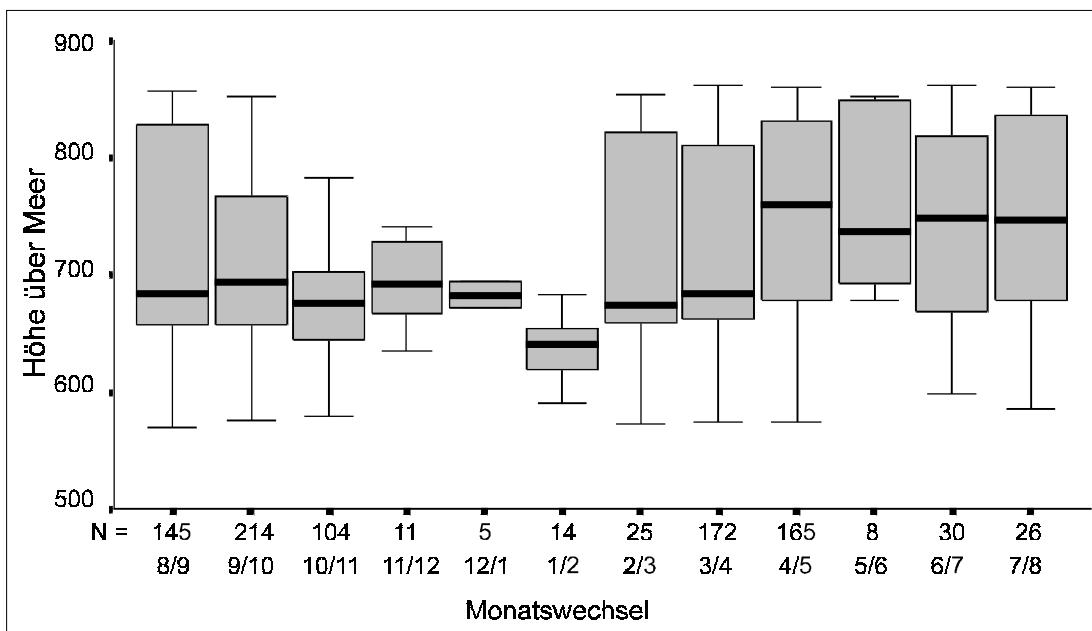


Abbildung 16: Höhenverteilung der Rehe am Waldrand im Verlauf des Jahres (Boxplot).

Obwohl das Untersuchungsgebiet nur eine geringe Höhenausdehnung aufweist, zeigen sich dennoch signifikante Unterschiede in der Höhenverteilung der Rehgruppen im Verlauf des Jahres (H -Test, $n=531$, $\chi^2=29.58$, $df=11$, $p=0.002$). Im Spätherbst/Winter (Okt/Nov-Jan/Feb) sind die Austritte durchschnittlich in tieferen Lagen als in der übrigen Zeit (MWU, $n_1=71$, $n_2=460$, $z=-3.90$, $p=0.0001$). Eine Verschiebung der Höhenverteilung der Austritte scheint jedoch schon viel früher (Sep/Okt) zu beginnen (Abbildung 16).

In Bezug auf die Hangneigung lassen sich keine Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten nachweisen (H -Test, $n=532$, $\chi^2=8.74$, $df=11$, $p=0.64$). Beim Vergleich der Beobachtungen mit dem Angebot in den Beobachtungsflächen zeigen sich drei Abweichungen von den Erwartungswerten (Tabelle 12). In Gebieten mit einer Hangneigung von $12\text{-}16^\circ$ wurden signifikant mehr, in den Hangneigungsklassen $4\text{-}8^\circ$ und $>24^\circ$ weniger Rehe als erwartet beobachtet.

Hangneigung	Beobachtet	Erwartet	Signifikant
0-4	127	106.26	-
4-8	202	303.78	sign.
8-12	260	235.07	-
12-16	234	146.27	sign.
16-20	68	83.02	-
20-24	25	27.58	-
24-56	3	17.02	sign.
Total	919	919	

Tabelle 12: Vergleich von Anzahl beobachteter Rehe und Anzahl erwarteter Rehe aufgrund des Flächenangebots bezüglich Hangneigung. Chi²-Test mit simultanen Konfidenzintervallen.

Eine dritte sehr offensichtliche Komponente für die Verteilung der Rehe ist die Distanz zum Waldrand. Eine markante Distanzgrenze, die die Rehe nicht überschreiten würden, lässt sich innerhalb dieses Beobachtungsgebietes nicht feststellen. Im Vergleich zum Angebot zeigen sich jedoch drei Besonderheiten (Abbildung 17):

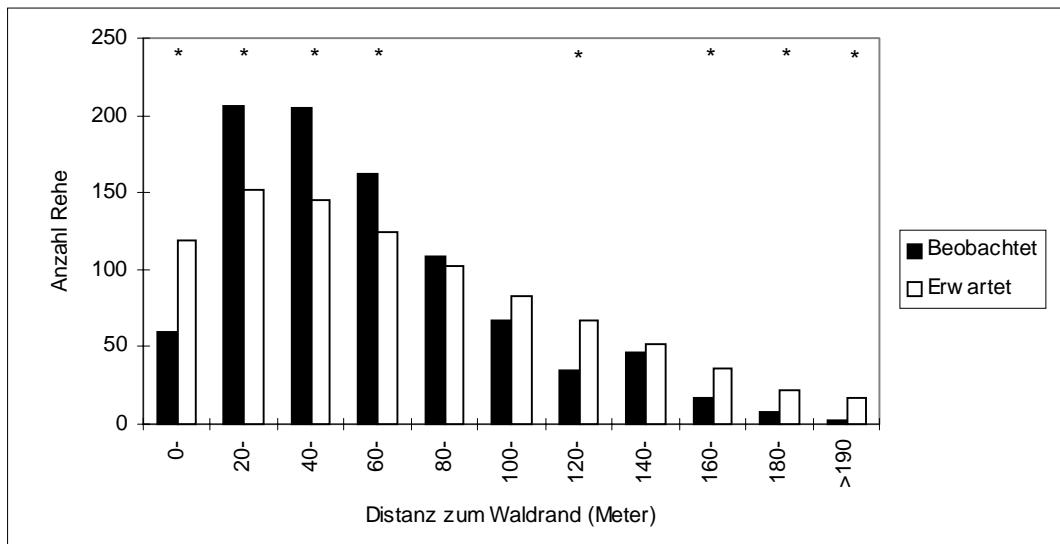


Abbildung 17: Distanzen der Rehe zum nächstgelegenen Waldrand und Erwartungswerte aufgrund des Angebots in den Beobachtungsflächen. Die Distanzklassen, die signifikante Unterschiede aufweisen (Bonferoni-Konfidenzintervalle) sind mit einem Stern (*) markiert.

- Sehr nahe am Waldrand (Distanz < 20m) wurden signifikant weniger Rehe als erwartet beobachtet. Zu beachten ist hier das auf Seite 20 (Methoden) erwähnte Problem, dass Rehe in Waldrandnähe schlechter sichtbar sind.
- Im Distanzbereich zwischen 20-80m hielten sich signifikant mehr Rehe als erwartet auf.
- In Gebieten, die weiter als etwa 120m vom nächsten Waldrand entfernt sind, wurden signifikant weniger Rehe als erwartet beobachtet.

5.6 Aktivitätsvergleiche

In Abbildung 18 sind die Aktivitäten der Rehe für die vier Jahresabschnitte (s. 5.3) in die drei Gruppen 'liegen', 'äsen & stehen' und 'diverse' zusammengefasst dargestellt. Die Anteile der Aktivitätsgruppen in den vier Jahresabschnitten unterscheiden sich signifikant (H -Test, $\chi^2=29.31$, $df=6$, $n=990$, $p=0.00005$)¹.

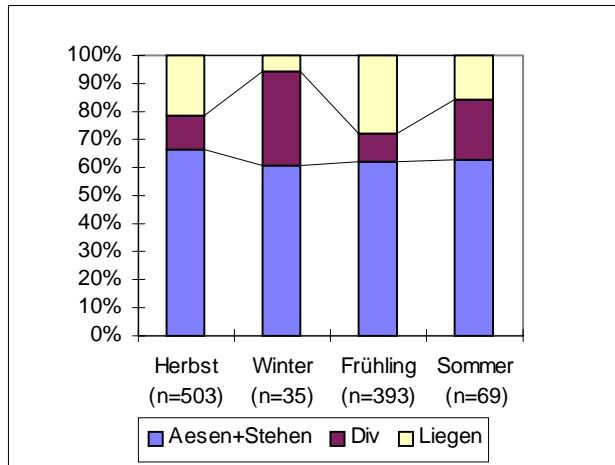


Abbildung 18: Aktivitäten der am Waldrand beobachteten Rehe in den vier Jahreszeiten.

Vergleicht man nun die Zeitabschnitte einzeln, so lassen sich die Unterschiede zwischen Herbst-Winter, Winter-Frühling und Frühling-Sommer statistisch belegen. Die anderen paarweisen Vergleiche zeigen keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 13). Liegende Rehe wurden im Winter seltener gesehen als in den anderen Jahreszeiten.

¹Hier wurden die einzelnen Individuen als Stichproben gewertet. Dies verletzt, verursacht durch eine mögliche Verhaltenssynchronisation innerhalb einer Gruppe, eventuell die Voraussetzung der Unabhängigkeit. Da jedoch die durchschnittliche Gruppengröße mit 1.7 Tieren sehr klein ist, scheint dieser Effekt hier vernachlässigbar.

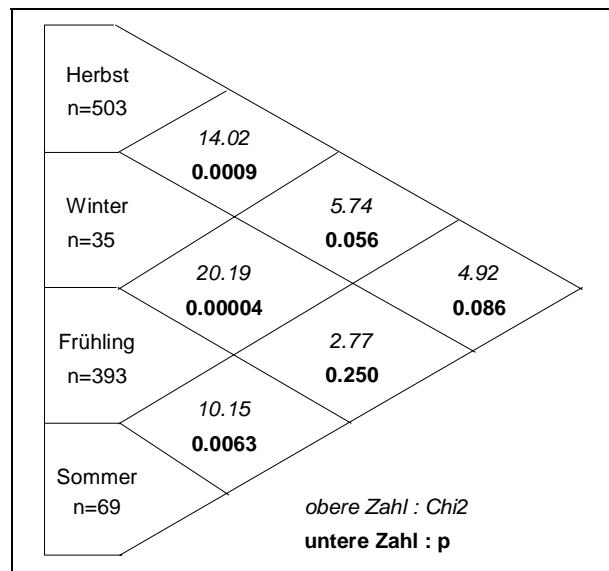


Tabelle 13: Vergleich der Aktivitätsanteile in den vier Jahreszeiten am Waldrand (paarweise U-Tests).

Interessanterweise lässt sich kein Unterschied zwischen liegenden und äsenden Rehen bezüglich Distanz zum Waldrand nachweisen (MWU, $n_1=376$, $n_2=168$, $z=-0.98$, $p=0.33$), hingegen zeigt sich bei liegenden Rehen eine etwas kleinere Hangneigung (Median=8.6°) als bei äsenden (Median=10.3°; MWU, $n_1=220$, $n_2=429$, $z=-3.96$, $p=0.0001$).

6 Diskussion

6.1 Verteilungsmuster innerhalb des Waldes im Winter

Offensichtlich treten im Sihlwald starke Ausweichreaktionen der Rehe auf die Erholungsnutzung auf. Sie weichen am Tag von den Wegen weg in unzugänglichere Gebiete aus. Spaziergänger halten sich meist an möglichst steigungsarme Wege, so dass die gefundene Tendenz, Rehe am Tag in steileren Gebieten zu beobachten, in der selben Weise interpretiert werden kann. Der Unterschied in der Anzahl beobachteter Rehe zwischen Tag und Nacht fiel ausgeprägter als vermutet aus. Aufgrund der Vergleichsaufnahmen (s. Methoden S.10) müssten die Anzahl beobachtete Rehe am Tag um ca. 30% erhöht werden, was jedoch an dem grossen Unterschied von fast 70 Tieren in der Nacht zu 3 Tieren am Tag kaum etwas grundlegendes ändert. Die von HERBOLD (1995) und GUTHÖRL (1994) aufgrund von Telemetriearbeiten beschriebenen Ausweichreaktionen in die Nacht stimmen mit den hier gefundenen Ergebnissen gut überein. Dieses Verhalten der Rehe wird von den Jägern (unbewusst ?) angewendet, indem sie früh morgens und spät am Abend Rehe beobachten und jagen. Vielleicht wurde auch aus diesem Grund früher das Reh als vor allem dämmerungsaktiv angesehen. In dieser Studie wurde bewusst in diesen Übergangszeiten zwischen Tages- und Nachtverteilung nicht beobachtet. In den Dämmerungen wird zwar die höchste Aktivität verzeichnet (TURNER 1980, CEDERLUND 1980), sie stellen jedoch nur einen kleineren Teil des 24 Stundentages dar. In nördlichen Gebieten und in höheren Lagen sind verschiedentlich jahreszeitliche Verschiebungen der Rehe über mehrere Kilometer beschrieben worden (ROBIN 1975, THOR 1988, BJAR 1991). Kleinräumige Verschiebungen mit unterschiedlichen Nutzungszentren zwischen Tag und Nacht beschrieben u.a. VON BERG (1978) und KÖNIG (1987). Offene Habitate wie Schläge und Wiesen werden nach SELAS (1991) vor allem in der Nacht genutzt, in Gebieten mit intensiver Erholungsnutzung ausschliesslich bei Dunkelheit (HERBOLD 1995, GUTHÖRL 1994). Auf die tageszeitliche Nutzung von verschiedenen Waldtypen in Bezug auf anthropogene Störungen geht HERBOLD (1995) ein. Am Tag werden deckungsreiche Bestandesformen, insbesondere

Jungwüchse über 0.8m Höhe, gewählt, in der Nacht Jungwüchse jeder Höhe und Althölzer.

Aufgrund der Vergleichsaufnahmen am Tag (s. Methode) erhielt ich Hinweise, dass der Anteil der beobachteten Rehe am Tag einer sehr kurzfristigen Dynamik unterliegen könnte. Rehe sind bekannterweise sehr anpassungs- und lernfähig. Auf einer der Vergleichsfahrten mit ungünstigen Wegverhältnissen für Spaziergänger (weicher, sehr nasser Schnee) beobachtete ich verhältnismässig viele Rehe. Deshalb ist es denkbar, dass die Verteilung der Rehe am Tag sehr kurzfristig an die jeweilige Situation angepasst wird. HERBOLD (1995) und GUTHÖRL (1994) erwähnen in diesem Zusammenhang, dass Rehe am Morgen zum Teil die offenen Gebiete erst verlassen, wenn die ersten Menschen sich nähern.

Aufgrund dieser Arbeit kann nur vermutet werden, wo sich die Rehe am Tag aufhalten. Dazu sind weitere Arbeiten nötig. Eigene Beobachtungen lassen vermuten, dass sie sich mindestens teilweise auch in offenen Waldteilen abseits von Wegen aufhalten, doch ist aufgrund der Ergebnisse in anderen intensiv genutzten Gebieten zu erwarten, dass sich ein grösserer Teil in Dickichten aufhält (KÖNIG 1987, GUTHÖRL 1994, HERBOLD 1995).

Die Differenz in der Anzahl beobachteter Rehe am Tag und in der Nacht kann auf verschiedene Weise interpretiert werden. In Tabelle 14 wurde der Versuch unternommen, neun mögliche Verteilungsmuster zusammenzustellen, ohne auf Vollständigkeit zu achten. Diese Zusammenstellung kann als Grundlage für weiterführende Arbeiten dienen, wobei ich im Sihlwald die Kombinationen mit A aufgrund der eigenen Beobachtungen nicht erwarten würde.

		Verteilung in der Nacht		
		A. Konzentration in wegfernen Gebieten, nur wenige Rehe in Wegnähe	B. Gleichmässige Verteilung im ganzen Gebiet	C. Konzentration vor allem in wegnahen Gebieten
Verteilung am Tag	1. gleichmässige Verteilung in wegfernen Gebieten	1	2	3
	2. wie oben, jedoch mit Konzentration in den Randbereichen zu wegnahen Gebieten	4	5	6
	3. wie 1., jedoch Konzentration in Dickichten innerhalb der wegnahen Gebiete	7	8	9

Tabelle 14: Schema zur Einteilung möglicher Verteilungsmuster.

Es ist anzunehmen, dass die Wirklichkeit eine Kombination von verschiedenen Verteilungen 1-9 beinhaltet. Für ein grundlegendes Verständnis der viel diskutierten Verbisssschäden bilden die tageszeitlichen Verteilungsmuster vermutlich einen Schlüsselfaktor.

Die Rehe fühlen sich offensichtlich in der Dunkelheit sicher, da nur selten Ausweichreaktionen auf die Anwesenheit der Beobachter gesehen wurden. Einzig bei sich nahe der passierten Wege (z.B. 10m) aufhaltenden Tieren wurden kurze Fluchten beobachtet. Bisherige Untersuchungen über die Distanzen, die zwischen 'Tageseinstand' und 'Nachteinstand' zurückgelegt werden, (KÖNIG 1987, VON BERG 1978) zeigten, dass meist nur wenige hundert Meter zwischen den Gebieten liegen. Aus diesen beiden Überlegungen heraus liegt die Vermutung nahe, dass die Verteilung in der Nacht, wie sie in dieser Arbeit gefunden wurde, ähnlich derer in ungestörten Gebieten ist.

Die in den Auswertungen verwendeten Waldbestandesparameter sind keine exakten Messungen, sondern Schätzungen der Förster, die für die Waldbestandserhebungen 1990 erhoben wurden. In der Zeit bis zu dieser Arbeit wurden in einigen Beständen einzelne Schlagarbeiten durchgeführt, was zu einer gewissen Ungenauigkeit führt. Ich halte diese jedoch auf den gesamten Sihlwald betrachtet für relativ gering. Aus diesen Gründen wurde auch eine relativ grobe Klassierung der meisten Parameter in wenige Klassen durchgeführt. Zu beachten ist ferner, dass die meisten Waldbestandesangaben nur indirekt die Rehverteilung beeinflussen. Dies könnte mit ein Grund dafür sein, weshalb viele Variablen als signifikant in die Modelle aufgenommen wurden.

Korrelierende Faktoren sind oft schwierig zu interpretieren, vor allem bei nominal skalierten Variablen. Einerseits ist es möglich, dass eine der Variablen vom Tier gar nicht wahrgenommen wird, andererseits kann es sein, dass gerade die Kombination zweier korrelierender Faktoren für das Tier erst die richtigen Bedingungen ergibt. Für die Extrapolation der Rehverteilung im Wald wurden relativ einfache Verfahren angewendet, da teils komplexe Verfahren für die hier gemachte Anwendung nicht einsetzbar sind. Fast alle analysierten Habitatfaktoren sind nur als Indikatoren zu verstehen. Um jedoch mittels Geographischen Informationssystemen flächendeckende Angaben zu berechnen, muss auf die vorhandene oder daraus ableitbare Datenbasis im GIS zurückgegriffen werden. Dies unterstreicht die Wichtigkeit einer möglichst guten und auf die gewünschte Analyse massgeschneiderte Datenaufnahme für GIS. Wie dieses Beispiel zeigt, ist die Gefahr enorm, Parameter für Analysen zu benutzen, einfach aus der Tatsache heraus, dass sie in einem GIS gespeichert sind. Das Problem der Variablenelektion wird mit dem steigenden Einsatz von solchen Instrumenten noch stärkere Bedeutung bekommen.

Bisherige Untersuchungen zur Habitatselektion von Rehen in Wäldern beschränkten sich meist auf wenige Parameter wie Alter der Bestände, Hauptbaumart, Sichtdeckung und Rndliniendichte (STRANDGAARD 1972, CIBIEN 1980, KÖNIG 1987, AULAK 1990b, SELAS 1991, GUTHÖRL 1994, HERBOLD 1995) und wurden oft mittels Radiotelemetrie an wenigen Einzeltieren durchgeführt. In ungestörten Gebieten werden das Deckungs- und Nahrungsangebot als Hauptdeterminanten für die Habitatselektion des Rehs angesehen (SELAS 1991 BÜTTNER 1979). Mehrere Autoren fanden zudem, dass ein hoher Grenzlinienanteil bevorzugt wird (KURT 1991, GEIGER 1972, REIMOSER 1987, THOR 1988), wobei Reimoser sehr detailliert auf die Waldstrukturen eingeht, sich jedoch auf univariate Vergleiche beschränkt. CEDERLUND (1983) konnte keine Präferenzen für spezifische Waldtypen finden, hingegen fand KÖNIG (1987), dass Rehe in einem hauptsächlich von Nadelbäumen dominierten Wald in der Nacht ältere Bestände bevorzugen. AULAK (1990b) bestätigte ebenfalls eine Präferenz von älteren Waldbeständen (älteste Bestände im Gebiet: 61-80 Jahre alt), unterschied jedoch nicht nach Tageszeit. THOR (1988) fand hingegen, dass ältere Bestände (älteste Bestände im Gebiet: 80-100 Jahre alt) gemieden werden. Im Sihlwald sind es im Vergleich dazu die über 100 Jahre alten Bestände, die von den Rehen weniger genutzt wurden. Allerdings ist ein Vergleich von verschiedenen Wäldern

(z.B. Buchen-, Fichten, Birkenwälder) rein über das Alter sehr schwierig. Ausserdem fand AULAK (1990b) in gemischem Laubwald höhere Rehdichten als in gemischem Nadelwald. Viele Arbeiten wurden bisher in von der Forstwirtschaft genutzten Wäldern durchgeführt, so dass die ältesten Bestände meist unter 100 Jahre alt waren. Dass Rehe steile Gebiete und solche mit hoher Unterschichtdichte in der Nacht wenig nutzen, ältere Waldbestände mit relativ wenig Unterholz vermehrt aufsuchen, könnte daran liegen, dass es in der Nacht für Rehe möglich sein muss, mit hohem Tempo zu rennen oder flüchten. Dies ist in älteren Beständen, die zudem meist auch eine dichtere Krautschicht aufweisen, bedeutend einfacher. Verschiedene Autoren fanden eine spezifische Selektion für bestimmte Pflanzenarten und -teile, die jedoch eine beträchtliche jahreszeitliche und örtliche Variation aufweist (KLÖTZLI 1965, RUSTERHOLZ 1978, TURNER 1977, BENZ 1980, SELAS 1991). Möglicherweise kommt diesem Umstand die grösste Bedeutung in der Habitatnutzung der Rehe zu, was jedoch mit den bisher gemachten botanischen Erhebungen im Sihlwald nicht geprüft werden kann.

Im Untersuchungsgebiet existieren sehr viele Salzlecken. Diese wurden nicht als Faktoren in die Analysen miteinbezogen, da sie oft zusammen mit Futterkrippen aufgestellt sind und somit nicht zwischen Futterkrippe und Salzlecke als Anziehungspunkt unterschieden werden kann. Ich gehe jedoch davon aus, dass im Winter die Futterkrippen attraktiver für die Rehe sind. Erstaunlich ist, dass sich zwar ein Teil der Rehe an den Futterstellen konzentriert, dass sich jedoch der weitaus überwiegende Teil nicht in deren Nähe aufhält. Offenbar war die Nahrungssituation in diesem relativ milden Winter im Sihlwald recht gut. Es wäre zu untersuchen, ob sich die Verteilung in strengeren Wintern diesbezüglich verändert.

Die Zuordnungsgenauigkeit der logistischen Regression ergibt sicher ein zu optimistisches Bild, da diese aufgrund der gleichen Daten berechnet wurde wie die Regression selbst. Bei den Zufallspunkten, d.h. den angenommenen Orten ohne Rehe, ist zudem anzunehmen, dass ein Teil davon in Gebieten liegt, die von Rehen genutzt werden. Deshalb wurde bei der Extrapolation möglicherweise ein zu grosser Teil der Gebiete mit kleiner Wahrscheinlichkeit von Rehvorkommen ausgewiesen. In den Gebieten rechts der Sihl und dem Gebiet Winzelen kommt zusätzlich das Problem hinzu, dass nicht alle Futterkrippen in diesen Gebieten

bekannt waren, was ebenfalls zu einer Unterbewertung dieser Wälder führen könnte.

In den letzten Monaten begann eine Diskussion in einem Telemetrieforum (BIOTELEM-L, Internet), ob die von NAEF (1993) vorgestellte und hier angewendete 'truncated bivariate normal kernel estimation' wegen der Verletzung der Normalverteilungseigenschaften überhaupt zulässig ist. Da jedoch die Wahl der Kernel-Funktion nach BOWMAN (1985) eher eine untergeordnete Rolle in der Dichteschätzung spielt, erscheint mir die Anwendung dieser Funktion mit ihren Vorteilen (s. NAEF 1993) gerechtfertigt. Sie stellt im Prinzip nichts anderes als eine weitere unter den vielen angewendeten Kernelfunktionen dar. Ein allgemeines Problem der Kernelfunktionen stellt die Parametrisierung dar, da diese sehr variabel gestaltet werden kann, wodurch die Resultate stark beeinflusst werden können (HALLER 1996). Diese Einstellungen sollten basierend auf den Eigenschaften der entsprechenden Anwendung bzw. Tierart gemacht werden. Eine Anpassung an kleinräumige Mosaike ist jedoch mit solchen Funktionen kaum durchführbar, da die heutigen Kernelfunktionen starr radiärsymmetrisch definiert werden. Dadurch werden z.B. Dichteschätzungen über Abbruchkanten oder Felswände hinweg berechnet. Hier wäre sicher für eine feinere Anwendung dieser Verfahren ein Forschungs- und Entwicklungsaufwand nötig.

Das berechnete multiple lineare Regressionsmodell ist möglicherweise für eine Einschätzung des Sihlwalds zu pessimistisch. Rund 20% der Beobachtungsorte kommen in Gebiete zu liegen, in denen aufgrund der MR Dichtewerte von ≤ 0 zu erwarten sind. Bisher wurden Modelle fast immer aufgrund der ausgewählten Variablen und deren Parameter verglichen und dabei die räumliche Komponente ausser acht gelassen (VERNER 1986). Wie hier jedoch gezeigt werden konnte, gibt gerade der räumliche Vergleich gute Hinweise darauf, in welchen Gebieten die Interpretation von Modellen vorsichtig durchzuführen ist. Der nördliche Teil des Sihlwalds ist offensichtlich schwierig erfassbar mit den verwendeten Grundlagendaten und Modellen. Daher wäre es unter Umständen sinnvoll, für den Sihlwald zwei separate Analysen durchzuführen. Dafür ist jedoch der vorhandene Datensatz zu klein.

6.2 Verteilungsmuster am Waldrand

Vor allem auch in den Waldrandaufnahmen ist deutlich geworden, dass Arbeiten an Rehen nicht ohne Nachtarbeit gemacht werden sollten. Die Konzentration auf Verteilungsmuster am Tag (z.B. KÖNIG 1987) scheint dem Verhalten der Rehe nicht gerecht zu werden.

Die gefundene Anzahl Rehe, die während der Sommermonate aus dem Wald austritt, ist sicher wegen der verminderten Sicht nach oben zu korrigieren. Da jedoch der grösste Teil des Gebietes aus Wiesen und Weiden besteht, vermute ich, dass der Prozentsatz an nicht gesehenen Rehen im Sommer durchschnittlich nicht sehr hoch ist. Ein weiterer Hinweis darauf, dass im Sommer effektiv weniger Rehe austreten, ist die räumliche Verteilung. In mehr als der Hälfte des Gebiets (Nordteil & Südteil) wurden überhaupt keine Austritte verzeichnet. STRANDGAARD (1972) fand in Dänemark, dass Landwirtschaftsflächen vor allem im Sommer und Herbst, der Wald vor allem im Winter und zwischen April und Juni genutzt wird. Die auffällig wenigen Austritte im Mai/Juni, der eigentlichen Setzzeit der Rehe, könnte somit weiter verbreitet sein als bisher angenommen (KURT 1991). Die gefundenen Unterschiede in der Aktivität zwischen den vier Jahreszeiten könnten ebenfalls zum Teil durch die Sichtbarkeit beeinflusst sein, da liegende Rehe in höherer Vegetation schlechter gesehen werden können als stehende. Die Resultate fielen jedoch gerade entgegen dieser Annahme aus. Im Winter, wo die Vegetation am kürzesten ist, wurden am wenigsten liegende Rehe gesehen. Im Vergleich mit anderen Arbeiten (BÄRTSCHI 1979, Abbildung 13, MAUBLANC 1987, VINCENT 1992), sind die jahreszeitlichen Veränderungen der Gruppengrösse im Sihlwaldgebiet sehr klein. Grössere Gruppen wurden bisher vor allem in offenen Gebieten verzeichnet. GERARD (1992) konnte zusätzlich zur Jahreszeit einen Effekt der Rehdichte auf die Gruppengrösse nachweisen.

Ein Problem in der angewendeten Methodik liegt darin, dass Rehe in Waldrandnähe schlechter sichtbar sind (vgl. Methoden). Während den Beobachtungen erhielt ich das Gefühl, dass die Rehe sich vermehrt an der Grenze des Mondschatteins aufhielten. Alle Versuche nachzuweisen, dass ein Verteilungsunterschied zwischen erster Nachthälfte mit Mondschatteins im Westen und zweiter Nachthälfte mit Mondschatteins im Osten besteht, ergaben aber keine signifikanten Unterschiede. Um jedoch im Zusammenhang mit Mondschatteins und den oft diskutierten Mondphasen (PRIOR 1968, KURT 1991) verlässliche

Beobachtungen machen zu können, müsste nicht mit Restlichtverstärkern, sondern mit Wärmebildgeräten oder gleichwertigen Instrumenten gearbeitet werden.

AULAK (1990a) fand in seinem Untersuchungsgebiet in Polen, dass die Rehe sich bis etwa 400m vom Wald entfernen. Die Resultate von Sihlwald stimmen recht gut mit den Angaben von Aulak überein, jedoch gilt es zu beachten, dass fast 98% der Beobachtungsflächen näher als 200m vom nächsten Wald entfernt liegen. Bezuglich der Höhenverteilung der Rehe am Waldrand konnten erstaunlicherweise jahreszeitliche Unterschiede in der Höhenverteilung nachgewiesen werden, obwohl die Beobachtungsflächen am Waldrand sich nur über knapp 300 Höhenmeter erstrecken. Die Verteilung im Januar/Februar entspricht dabei sehr genau der Höhenverteilung innerhalb des Sihlwalds.

7 Zusammenfassung

Im Gebiet des Sihlwalds, einem 10 km südlich der Stadt Zürich gelegenen rund 10km² grossen Buchenmischwald, wurden jahres- und tageszeitliche Verteilungsmuster des Rehs untersucht. Die Arbeit gliedert sich in zwei Teile. Im Wald wurde im Winter mit Hilfe eines Wärmebildgerätes eine abgeänderte Art Streifentaxation durchgeführt. Am Waldrand wurden während eines ganzen Jahres jeweils in der Vollmondphase mit einem Restlichtverstärker Flächenbeobachtungen durchgeführt.

Im Wald zeigte sich, dass die Rehe am Tag wegunahe Gebiete meiden, diese in der Nacht jedoch intensiv nutzen. Mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems wurden basierend auf einer schrittweisen logistischen Regression und einer multiplen Regression Extrapolationen der Nachtverteilung auf den gesamten Wald berechnet. Dabei zeigte sich, dass im Gegensatz zum nördlichen Teil des Waldes im Südteil eine gute Übereinstimmung zwischen den beiden angewendeten Extrapolationsmethoden in der Beurteilung der Rehverteilung besteht.

Das an den Wald angrenzende Kulturland wird von den Rehen zu über 95% nachts genutzt, wobei eine geklumpte Verteilung in Erscheinung trat. Die Austritte aus dem Wald fanden vor allem im Frühling und Herbst, mit etwas kleinerer Intensität auch im Sommer statt. Im Winter waren nur sehr wenige Rehe ausserhalb des Waldes zu beobachten. Eine Ausnahme bildete ein kleines Gebiet im Süden bei Sihlbrugg, welches die Rehe auch im Winter intensiv nutzten. Die Austritte im Sommer konzentrierten sich auf die Gebiete, Mittelalbis und Oberalbis, während sich die Austritte im Frühling und Herbst auf den gesamten Waldrand verteilten.

8 Danksagung

Ich möchte allen ganz herzlich danken, die zum Gelingen dieser Arbeit in irgend einer Weise beigetragen haben.

Ganz besonders danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Bernhard Nievergelt für die Leitung und Betreuung der Arbeit.

Herr Dr. Fritz Heiniger (Gruppe für Rüstungsdienste, EMD) stellte mir das Wärmebildgerät zur Verfügung, mit dem die ganzen Nachtarbeiten im Wald erst möglich wurden.

Herr Schneeberger (Gruppe für Rüstungsdienste, EMD) stellte mir in der Anfangsphase einen Restlichtverstärker zur Verfügung.

Für die restliche Zeit der Arbeit konnte ich freundlicherweise von Herrn Hermann Äerne (Stadtforstamt Zürich) jeweils einen Restlichtverstärker ausleihen und öfters einen Einblick in seine Tätigkeit als Wildhüter erhalten.

Herr Andreas Speich (Stadtforstamt Zürich) erteilte mir die Fahrbewilligung, Herr Markus Christen (Stadtforstamt Zürich) stellte mir alle benötigten Unterlagen über die Forstwirtschaft im Sihlwald zur Verfügung.

Die Jagdgesellschaft Horgen II nahm mich freundlich im Gebiet auf und zeigte reges Interesse an meinen nächtlichen Pirschtouren.

Herr Armin Frei (Jagd- & Fischereiverwaltung ZG) und Herr Nigg (Jagd- & Fischereiverwaltung ZH) ermöglichten mir einen detaillierten Einblick in das Jagdgeschehen der gesamten Region.

Frau Karin Hindenlang gab wertvolle Ratschläge bei der Planung, Herr René Güttinger bei der Auswertung der Arbeit. Frau Katja Feldmann übernahm die schwierige Aufgabe der ersten Korrektur.

Herr Prof. Dr. Kurt Brassel ermöglichte mir die Benutzung der GIS-Infrastruktur des Geographischen Instituts der Universität Zürich. Vom ganzen GIS-Team der Abteilung, allen voran Frau Dr. Britta Allgöwer, die Herren Ruedi Haller, Reto Schöning und Richard Meier, erhielt ich wo immer Not im GIS war fachkundige Unterstützung.

Die Herren Thomas Weibel und Andreas Stoffel stellten mir die von ihnen mit grossem Aufwand digitalisierten GIS-Datensätze über den Sihlwald zur Verfügung.

Bei meinen Tages- und vor allem während den nächtlichen Aktivitäten erhielt ich ausserdem von vielen Seiten tatkräftige Unterstützung: von meiner Mutter Ruth Imfeld, den Herren Dr. Peter Staub , Markus Schilling, Frau Judith Burri, den Herren Dr. Werner Suter, Hans Roth, Andreas Reifler, Otto Holzgang, Martin Flühmann, Matthias Wüst, Christian Faivre und nicht zuletzt, da fast immer mit einem wachsamen Auge auf der Strasse, von Frau Jacqueline Schmid; ihnen allen möchte ich ganz herzlich für ihren Einsatz danken.

Ganz besonders danken möchte ich meine Eltern, die mir ermöglichten, dieses Studium überhaupt zu machen, mir jederzeit ein Auto zur Verfügung stellten und speziell auch für das leibliche Wohl während den Nachtarbeiten sorgten.

9 Literaturverzeichnis

- AULAK, W. & BABINSKA-WERKA, J. (1990) a: Use of agricultural habitats by roe deer inhabiting a small forest area. *Acta Theriol.* 35(1-2):121-127.
- AULAK, W. & BABINSKA-WERKA, J. (1990) b: Preference of different habitats and age classes of forest by roe deer. *Acta Theriol.* 35(1-2):289-298.
- AULAK, W. & BABINSKA-WERKA, J. (1990) c: Estimation of roe deer density based on the abundance and rate of disappearance of their faeces from the forest. *Acta Theriol.* 35(1-2):111-120.
- BÄRTSCHI, R. (1979): Einfluss von Dunkelheit und Störfaktoren auf die Aktivität, Sprunggrösse und Gebietsausnützung des Rehwildes. Diplomarbeit Univ. Zürich.
- BENZ, B. (1980): Die Beliebtheit einiger landwirtschaftlicher Nutzpflanzen bei Rehen im Verlauf der Wachstumsperiode: Versuche im Gehege mit den Rehen unbekannter Pflanzenarten. In: Mertens, C. & Turner, D.C. (1983): Das Rehprojekt in Staffelbach und Zizers. Abschlussbericht. Ethologie und Wildforschung Univ. Zürich.
- BGU (1988): Naturlandschaft Sihlwald, Studienbereich A, Vegetation.
- BIDEAU, E. & GERARD, J.F. & DESNEUX, L. & PICHON, M. (1992): Roe Deer introduction on the mediterranean Peninsula of Sainte Lucie (Aude, France). Relationship with tourism. In: Spitz, F. & Janeau, G. & Gonzalez, G. & Aulagnier, S. (1992): Ongulé/Ungulates 91. Soc. Fran. Etude Prot. Mamm.. Nort sur Erdre.
- BIONDINI, M.E. & MIELKE, P.W. & REDENTE, E.F. (1988) : Permutation techniques based on euclidian analysis spaces: a new and powerful statistical method for ecological research. *Coenoses* 3(3): 155-174.
- BJAR, G. & SELAS, V. & LUND, L.O. & HJELJORD, O. (1991): Movements and home range dynamics of Roe Deer *Capreolus capreolus* L. in sourtheastern Norway. *Fauna norv. Ser. A* 12:12-18.

- BOWMAN, A. W. (1985): A Comparative Study of some Kernel-Based Nonparametric Density Estimators. *J.Statist.Comput.Simul.* 21: 313-327.
- BUBENIK, A. (1960): Le rythme nycthémral et le régime journalier des ongulés sauvage; problèmes théorétiques, rythme d'activité du chévreuil. *Mammalia* 24:1-59.
- BÜTTNER, K. (1979): Untersuchungen zum Deckungsangebot ausgewählter Waldstrukturen in einem Rehwildrevier. *Waldhygiene* 13(2/3):33-43.
- CEDERLUND, G. & LEMNELL, P.A. (1980): Activity Recording of Radio-Tagged Animals. *Biotelemetry Patient Monitg.* 7:206-214.
- CEDERLUND, G. (1983): Home range dynamics and habitat selection by roe deer in a boreal area in Central Sweden. *Acta theriol.* 28:443-460.
- CEDERLUND, G. (1989): Activity patterns in moose and roe deer in a north boreal forest. *Holarctic ecology* 12:39-45.
- CIBIEN, C. & SEMPERE, A. (1989): Food Availability as a Factor in Habitat Use by Roe Deer. *Acta Theriologica* 34(7):111-123.
- FLÜHMANN, M. (1995): Aktivitätsmuster und Streifgebiete der Sikahirsche (*Cervus nippon*) am Hochrein. Diplomarbeit Univ. Zürich.
- GAISBAUER, R. (1988): Telemetrisch ermittelte Reaktionen des Rehwildes auf simulierte Störungen im Nationalpark Bayerischer Wald. Diplomarbeit Fachhochschule Weihenstephan.
- GEIGER, C. (1972): Die Verteilung von Rehkot in einem Wald des Jagdreviers Humelberg, Kanton Thurgau. Semesterarbeit, Universität Zürich.
- GEOSTAT (1992): Benutzerhandbuch Arealstatistik der Schweiz. Bundesamt für Statistik. Bern.
- GERARD, J.F. & POULLE, M.L. & BIDEAU, E. & MAUBLANC, M.L. & VINCENT, J.P. (1992): Influence of season and habitat openness on european Roe Deer (*Capreolus capreolus* L.) group size. In: Spitz, F. & Janeau, G. & Gonzalez, G. & Aulagnier, S. (1992): Ongulé/Ungulates 91. Soc. Fran. Etude Prot. Mamm.. Nort sur Erdre.

- GUTHÖRL, V. (1994): Aktivitätsmuster von Rehen (*Capreolus capreolus* Linné, 1758) in einem Stadtwald mit starkem Erholungsverkehr. Z. Jagdwiss. 40:241-252.
- HALLER, R. (1996): Homerange und Habitatanalysen. Entwicklung von Methoden zur Nutzung von Geographischen Informationssystemen in der Wildforschung. Diplomarbeit Univ. Zürich.
- HAUSER, J. (1977): Sprungbildung des Rehwildes (*Capreolus capreolus*) in einem Versuchsgehege im Schweizer Mittelland. Diplomarbeit Univ. Zürich.
- HERBOLD, H. (1995): Anthropogener Einfluss auf die Raumnutzung von Rehwild (*Capreolus capreolus*). Z. Jagdwiss. 41:13-23.
- HOSMER, D.W. & LEMESHOW, S.(1989): Applied Logistic Regression. Wiley Series. John Wiley & Sons. New York, Chichester 1989.
- KLÖTZLI, F. (1965): Qualität und Quantität der Rehäsgung. Veröff. Geobot. Institut der ETH. Zürich 38.
- KÖNIG, K.P. (1987): Raum-Zeit-Verhalten von Rehwild in geschlossenen Waldrevieren. Z. Jagdwiss. 33:168-175.
- KURT, F. (1991): Das Reh in der Kulturlandschaft: Sozialverhalten und Ökologie eines Anpassers. Parey, Hamburg Berlin.
- LARDI, O. (1979): Bewegungsmuster freilebender Rehe (*Capreolus capreolus*) auf Nahrungssuche in einem landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebiet (Zizers GR). Diplomarbeit. Univ. Zürich.
- MAUBLANC, M.L. & BIDEAU, E. & VINCENT, J-P. (1985): Données préliminaires sur la tendance grégaire chez le chevreuil (*Capreolus capreolus* L.) en milieu ouvert, durant l'automne et l'hiver; comparaison avec le milieu forestier. - Mammalia 49(1):3 -11.
- MAUBLANC, M-L. & BIDEAU, E. & VINCENT, J-P.(1987): Fléxibilité de l'organisation sociale du chevreuil en fonction des caractéristiques de l'environnement. Rev. Ecol. 42:109-133.
- MEIER, C. (1988): Projekt 'Naturlandschaft Sihlwald'. Teilbereich Fauna. Stadtforstamt Zürich.

- MÜRI, H. & STAMMBACH, K. (1995): Wohin Fliehen? Rückzugsbiotope des Rehs im Mittelland. Wildbiologie in der Schweiz 6/22.
- NAEF-DAENZER, B. (1993): GRID. Calculations for the Homerange and Spatial Data Analysis. Swiss Ornithological Institute.
- NEU, C.W. & BYERS, C.R. & PEEK, J.M. (1974): A technique for analysis of utilization-availability data. J.Wildl. Manage. 38(3):541-545.
- NIEVERGELT, B.(1981): Ibexes in an African Environment. Ecological studies v. 40. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg 1981.
- PRIOR, R. (1968): The Roe deer of Cranborne Chase. An ecological survey. Oxford.
- REIMOSER, F. (1986): Wechselwirkungen zwischen Waldstruktur, Rehwildverteilung und Rehwildbejagbarkeit in Abhängigkeit von der waldbaulichen Betriebsform. Dissertation Univ. für Bodenkultur. Wien.
- ROBIN, K. (1975): Räumliche Verschiebungen von markierten Rehen (*Capreolus capreolus*) in einem voralpinen Gebiet der Ostschweiz. Z.Jagdwiss. 21:145-163.
- RUSTERHOLZ, M. (1978): Versuche über die "Nährstoffweisheit" beim Reh (*Capreolus capreolus*). In: Mertens, C. & Turner, D.C. (1983): Das Rehprojekt in Staffelbach und Zizers. Abschlussbericht. Ethologie und Wildforschung Univ. Zürich.
- SELAS, V. & BJAR, G. & BETTEN, O. & TJELDFLAAT, O. & HJELJORD, O. (1991) Feeding Ecology of Roe Deer, *Capreolus capreolus* L., during summer in southeastern Norway. Fauna norv. Ser. A 12:5-11.
- STADLER, R. (1985): Reaktionen des Rehwildes auf Störungen in ballungsnahen Waldgebieten am Beispiel des Nürnberger Reichswaldes. Diplomarbeit Fachhochschule Weihenstephan.
- STRANDGAARD, H. (1972): The Roe Deer (*Capreolus capreolus*) Population at Kalo and the Factors Regulating its Size. Danish Review of Game Biol. 7(1):1-205.
- THOR, G. (1988): Homeranges und Habitatnutzung von Rehen (*Capreolus capreolus* L.) im Nationalpark Bayrischer Wald. Diplomarbeit Ludwig-Maximilian-Universität, München.

- TURNER, D.C. (1977): Nahrungspräferenzen der Zizerser Rehe. In: Mertens, C. & Turner, D.C. (1983): Das Rehprojekt in Staffelbach und Zizers. Abschlussbericht. Ethologie und Wildforschung Univ. Zürich.
- TURNER, D.C. (1978): Aktivitätsmuster freilebender Rehe im Verlauf des Frühjahrs: Optimale Ausnützung der Tageszeit. Rev. suisse Zool. 85:710-718.
- TURNER, D.C. (1980): A multi-variate analysis of roe deer (*Capreolus capreolus*) population activity. Rev.suisse Zool. 87(4):991-1002.
- STADTFORSTAMT ZUERICH (1990): Bestandenserhebungen 1990.
- VERNER, J. (Ed.) (1986): Wildlife 2000: Modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates: based on an international symposium held at Stanford Sierra Camp. The University of Wisconsin Press.
- VINCENT, J.P. & BIDEAU, E. (1992): Influence of density on spatial and social organization of forest Roe Deer (*Capreolus capreolus* L. 1958). In: Spitz, F. & Janeau, G. & Gonzalez, G. & Aulagnier, S. (1992): Ongulé/Ungulates 91. Soc. Fran. Etude Prot. Mamm.. Nort sur Erdre.
- VON BERG, F-C. (1978): Zum Raum-Zeit-System des Rehes. AFZ. 48-50.
- WARREN, W.G. & BATCHELER, C.L. (1979): The density of spatial patterns: robust estimation through distance methods. In: Cormack, R.M. & Ord, J.K: Spatial and temporal analysis in ecology. Int. Co-operative Publishing House, Fairland 1979.
- WHITE, G. C. & GARROTT, R. A. (1990): Analysis of Wildlife Radio-Tracking Data. Academic Press, San Diego, 1990.
- WORTON, B.J. (1989): Kernel methods for estimating the utilisation distribution in home-range studies. Ecology, 70(1): 164-168.

10 Anhang

Durchschnittliche Anzahl Tiere/Menschen pro Beobachtungsrundgang

Reh	Monatswechsel	1-5h	8-12h	13-17h	21-1h
8/9	23.0	1.0	1.3	28.3	
9/10	42.7	2.3	1.3	43.0	
10/11	29.7	0.5	1.6	18.7	
11/12	1.7	0.7	1.0	2.0	
12/1	1.0	0.0	0.0	1.7	
1/2			0.0	4.0	
2/3	12.0		5.0	13.0	
3/4	35.3	0.0	0.0	27.3	
4/5	26.6	0.0	0.0	32.3	
5/6	3.3	0.0	0.0		
6/7	10.0	0.0	0.0		
7/8	8.7	3.0	0.0		

Fuchs	Monatswechsel	1-5h	8-12h	13-17h	21-1h
8/9	5.0	0.0	0.0	7.3	
9/10	8.6	0.0	0.0	8.0	
10/11	4.0	0.0	0.0	5.7	
11/12	3.7	0.3	0.0	4.0	
12/1	1.0	0.0	0.0	0.3	
1/2			0.0	5.0	
2/3	2.0		0.0	2.0	
3/4	1.3	0.0	0.0	4.3	
4/5	4.6	1.0	0.0	5.0	
5/6	3.2	0.0	0.0		
6/7	6.7	0.0	0.0		
7/8	4.0	0.0	0.0		

Dachs	Monatswechsel	1-5h	8-12h	13-17h	21-1h
8/9	5.0	0.0	0.0	2.0	
9/10	3.3	0.0	0.0	2.0	
10/11	3.3	0.0	0.0	0.7	
11/12	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/1	0.0	0.0	0.0	0.0	
1/2			0.0	0.0	
2/3	1.0		0.0	1.0	
3/4	3.0	0.0	0.0	1.3	
4/5	1.3	0.0	0.0	1.0	
5/6	2.8	0.0	0.0		
6/7	5.7	0.0	0.0		
7/8	2.7	0.0	0.0		

Feldhase	Monatswechsel	1-5h	8-12h	13-17h	21-1h
8/9		3.3	0.0	0.0	6.3
9/10		7.3	0.0	0.0	9.0
10/11		6.0	0.0	0.0	6.7
11/12		5.0	0.0	0.0	3.2
12/1		1.0	0.0	0.0	2.3
1/2				0.0	9.0
2/3		12.0		0.0	4.0
3/4		4.0	0.0	0.0	8.3
4/5		3.7	0.0	0.0	5.3
5/6		3.3	1.0	1.0	
6/7		7.0	0.0	1.0	
7/8		4.0	0.0	0.0	

Mensch	Monatswechsel	1-5h	8-12h	13-17h	21-1h
8/9		0.0	4.3	10.7	0.3
9/10		0.0	2.3	13.0	0.0
10/11		0.0	3.7	7.3	0.0
11/12		0.0	4.0	18.3	0.0
12/1		0.0	4.0	450.0	2.0
1/2				9.0	0.0
2/3		0.0		4.0	0.0
3/4		0.0	2.0	11.0	0.0
4/5		0.0	1.0	12.0	0.0
5/6		0.0	7.0	3.0	
6/7		0.0	1.0	0.0	
7/8		0.0	2.0	1.0	