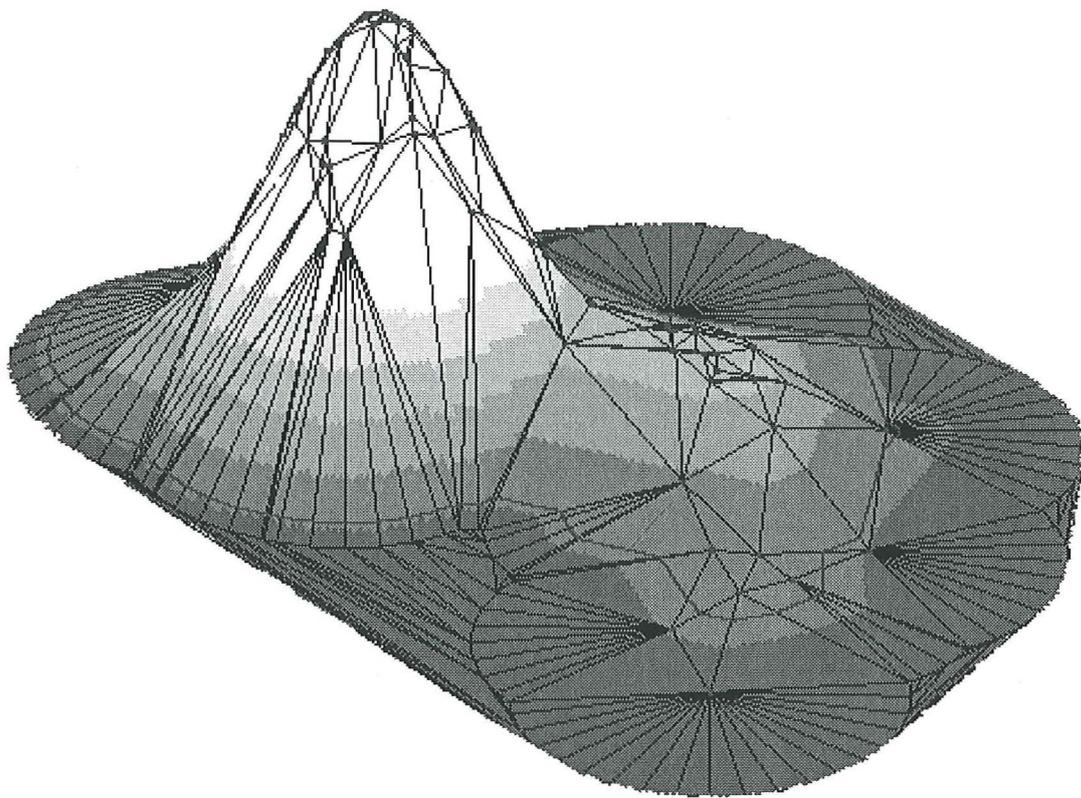


Homerange- und Habitatanalysen

Entwicklung von Methoden zur Nutzung von
Geographischen Informationssystemen in der
Wildforschung



Diplomarbeit von
Rudolf Haller

ausgeführt
am Geographischen Institut der Universität Zürich, 1996

unter der Leitung von Dr. B. Allgöwer und Prof. Dr. K. Brassel

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	I
Vorwort.....	V
1. Einleitung	1
2. Zielsetzung und Problemstellung.....	3
3. Homerangeanalysen.....	5
3.1. Bedeutung der Homerangeanalysen in der Wildforschung.....	6
3.2. Überblick der Methoden.....	6
3.2.1. Minimum-Convex-Polygon.....	6
3.2.2. Bivariate Normalverteilungen.....	7
3.2.3. Nichtparametrische Methoden	8
3.2.3.1. Dichteverteilungen mit Hilfe des harmonischen Mittels.....	8
3.2.3.2. Dichteverteilungen mit Hilfe der bivariaten Normalverteilung.....	9
3.3. Mögliche Algorithmen im GIS für die Homerangeanalyse	11
3.3.1. Puffer-Methode	11
3.3.2. Thiessen-Polygone.....	11
3.3.3. Dichteverteilungen mit dem Triangulated Irregular Network (TIN).....	12
4. Habitatanalysen	13
4.1. Präsenz/Absenz-Analysen.....	14
4.2. Präferenz-Analysen	15
4.2.1. χ^2 -Test.....	15
4.3. Multivariate Analysen	16
4.3.1. Multivariate Analyse des Gänsegeiers.....	17
5. Entwicklung des Prototypen GAUDIS in ARC/INFO.....	19
5.1. ArcTools-Designstrategie.....	19
5.2. Verzeichnisstruktur und Grundstruktur des Prototypen GAUDIS.....	20
5.2.1. Verzeichnisstruktur	20
5.2.2. Grundstruktur des Prototypen GAUDIS.....	21
5.3. Implementation der Homerangeanalysen	22
5.3.1. Minimum-Convex-Polygon.....	22
5.3.2. Dichteverteilungen.....	24
5.3.2.1. Dichteverteilung mit der bivariaten Normalverteilung im GRID.....	24
5.3.2.2. Dichteverteilungen mit TIN	27
5.3.3. Berechnung von Konturlinien in Dichteverteilungen	29
5.3.4. Tool zur Betrachtung von Daten in Raum und Zeit	31
5.4. Habitatanalysen.....	32
5.4.1. χ^2 -Test.....	33
6. Daten.....	36
6.1. Datentypen eines GIS.....	36
6.2. Datensätze von Tierbeobachtungen.....	37
6.2.1. Daten des Bartgeier-Monitorings.....	37
6.2.2. Steinadlerdaten	38
6.2.3. Steinbockdaten	39
6.3. Anforderungen an Wildforschungsdaten zur Aufnahme und Analyse in einem GIS.....	40
6.4. Benutzte Geographische Datensätze	42
6.4.1. Geländemodell RIMINI.....	42
6.4.2. Basisdatensatz des GIS-SNP	42
6.4.3. Schweizerische Arealstatistik	43
7. Ergebnisse von GAUDIS	44
7.1. Homerangeanalyse von Steinböcken	44
7.1.1. Flächenvergleich mit Hilfe des konvexen Polygons	45
7.1.2. 3-D-Flächenberechnung der Homeranges mit Hilfe des digitalen Geländemodells (DGM)	48
7.1.3. Vergleich der verschiedenen Methoden.....	50
7.1.3.1. Vergleich der Methode des konvexen Polygons mit Dichteverteilungen im GRID	50
7.1.3.2. Vergleich verschiedener Dichteverteilungsmethoden im TIN	53
7.1.3.3. Vergleich der bivariaten Normalverteilung in TIN und GRID	54
7.1.3.4. Einfluss der Zellengröße auf das Homerange.....	55
7.1.3.5. Thiessenpolygone für Homerangeanalysen.....	55
7.2. Präferenzanalyse am Beispiel des Tieres 15.....	56

7.3. Präferenz- Analyse mit Daten von Steinadlern	60
7.4. Homerangeanalyse von Bartgeiern.....	63
7.4.1. Flächenvergleich der verschiedenen Methoden	64
7.4.2. Vergleich der Methode des konvexen Polygons mit der Form der Streifzüge.....	72
7.5. Multivariate Analyse des Habitats der Bartgeier in der Schweiz.....	74
7.5.1. Berechnung des potentiellen Nahrungsangebots	75
7.5.1.1. Potentieller Kadaveranfall.....	75
7.5.1.2. Sichtpotential und Sitzwartenangebot.....	76
7.5.1.3. Anthropogenes Störpotential.....	79
7.5.1.4. Bewertung des potentiellen Nahrungsangebots.....	81
7.5.3. Aufwindpotential.....	84
7.5.4. Beurteilung des HSI für die Schweiz.....	87
8. Schlussfolgerungen.....	88
8.1. Beurteilung der Homerangeanalysen	88
8.2. Beurteilung der Habitatanalysen.....	89
8.3. Beurteilung des Einsatzes eines GIS in der Wildforschung.....	89
9. Ausblick.....	91
Literaturverzeichnis.....	i
Abbildungsverzeichnis.....	iv
Anhang.....	A

Zusammenfassung

Geographische Informationssysteme (GIS) werden heute in der Wildforschung für Homerange- und Habitatanalysen oft verwendet. Im Vordergrund stehen aber immer thematische Aspekte, selten werden alle Funktionalitäten eines GIS ausgenutzt. Diese Arbeit stellt einen Einstieg dar, das GIS integral zu nutzen. So sollen bei einer multivariaten Analyse eines Habitats nicht nur Variablen aus der Literatur übernommen werden, sondern mit Hilfe von Homerangeanalysen ermittelt und in die Habitatanalyse überführt werden. Deshalb stand die Entwicklung von Methoden zur Analyse von Homeranges und der Vergleich dieser Resultate mit Habitaten in Geographischen Informationssystemen im Vordergrund. Mit dem Aufbau eines Prototypen wurde die Möglichkeit geschaffen, Daten mit Beobachtungen von Tieren zu analysieren und Präferenzanalysen mit verschiedenen Habitattypen, gebildet aus geographischen Grunddaten, durchzuführen. Für Homerangeanalysen wurden die Methode des konvexen Polygons sowie Dichteverteilungen, basierend auf dem harmonischen Mittel, der bivariaten Normalverteilung und einer linearen Funktion auf ARC/INFO implementiert. Für Präferenzanalysen steht ein χ^2 -Test zur Verfügung.

Mit drei Datensätzen von Steinböcken (*Capra ibex*), Steinadlern (*Aquila chrysaetos*) und Bartgeiern (*Gypaetus barbatus*) wurden die Methoden getestet und verglichen. Dies geschah in enger Zusammenarbeit mit Spezialisten und Spezialistinnen der jeweiligen Tierarten. Einen Abschluss der Versuche bildet eine multivariate Analyse zum Habitat von Bartgeiern in der Schweiz, der zeigt, dass die vorhandenen digitalen Datensätze einerseits und die Variablen der Analyse andererseits (noch) nicht genügen, das Habitat ausreichend zu beschreiben.

Die Resultate der Tests und Vergleiche zeigen, dass Daten nicht unabhängig von der Tierart analysiert werden können. Genaue Kenntnisse der Tierart sind nötig, um die Ergebnisse zu interpretieren. Zudem ist von grosser Bedeutung, dass Fragestellungen, welche mit Hilfe von GIS beantwortet werden sollen, vor der Datenerhebung evaluiert und die Methoden der Datenerhebung angepasst werden.

Den Abschluss der Arbeit bildet ein Ausblick, in welche Richtungen zukünftige Arbeiten führen könnten, welche die Nutzung von GIS in der Wildforschung weiter fördern. Die Tendenz in der Wildforschung zeigt in den nächsten Jahren vermehrt die Durchführung von langfristigen Monitoringprogrammen. Dabei könnten Geographische Informationssysteme als integrierendes Werkzeug in Bezug auf Datenverwaltung, Analyse und Datenausgabe wertvolle Hilfe leisten.

Glossar

AML	<ol style="list-style-type: none">1. Arc Macro Language: ARC/INFO-Macroprogrammiersprache2. Script zur Abarbeitung von Operationen in ARC/INFO, geschrieben in der ARC/INFO-Macroprogrammiersprache
ARC	Modul von ARC/INFO mit allg. Befehlen zur Datenverwaltung, -konversion und -analyse
ARC/INFO	Kommerzielles Geographisches Informationssystem der Firma ESRI
ArcTools	<ol style="list-style-type: none">1. Programmierstandard für die Macroprogrammierung2. Programmbibliothek für die Applikationsentwicklung3. Standard-Menüoberfläche für ARC/INFO
ARCEDIT	Modul von ARC/INFO zur Datenaufnahme
ARC PLOT	Modul von ARC/INFO zur Datenausgabe
Boundary	Extremkoordinaten eines ARC/INFO- Datensatzes
bivariate Verteilung	Verteilung aufgrund von zwei Variablen
Coverage	Vektordatensatz in ARC/INFO, der Punkte, Linien oder Polygone enthalten kann, welche in topologischer Beziehung zueinander stehen
DGM	Digitales Geländemodell
Dispersion	räumliche Ausbreitung
Ethologie	Wissenschaft vom Verhalten der Tiere
GAUDIS	Geographical Animal Utilisation Distribution Information System : Prototyp zur Analyse von Wildforschungsdaten in ARC/INFO
Geographisches Informationssystem	Bezeichnung für ein raumbezogenes Informationssystem. Unter Informationssystem versteht man allgemein ein Frage-Antwort-System zum rechnergestützten Behandeln und Analysieren von Daten. Die Funktionen können in vier Komponenten aufgeteilt werden: Erfassung, Verwaltung, Analyse und Darstellung der Daten und Informationen.
GIS-SNP	Geographisches Informationssystem des Schweizerischen Nationalparks, basierend auf ARC/INFO

GRID	Modul von ARC/INFO zur Bearbeitung von Rasterdatensätzen
Grid	Rasterdatenformat von ARC/INFO
Habitat	Summe der abiotischen und biotischen Standortfaktoren (einschliesslich intra- und interspezifischen Faktoren) an einem Ort (räumliche Einheit), wo eine Art vorkommt. Jedes Habitat besitzt einen Eignungswert, der sich in der an diesem Ort realisierten Fitness der Art äussert. Das Habitat ist demnach artspezifisch.
Habitatnutzung	Grundsätzlich: Nutzungsintensitäten bzw. Nutzungsanteile des Habitats, d.h. der abiotischen und biotischen Standortfaktoren an einem Ort. Heute wird meistens die Aufenthaltsdauer stellvertretend für die Nutzungsintensität gebraucht.
Habitatanalyse	Analyse der verschiedenen abiotischen und biotischen Standortfaktoren in Bezug auf folgende Punkte: 1.) Verfügbarkeit der verschiedenen Habitattypen, d.h. Analyse der verschiedenen Habitattypen (i. d. Regel Habitattypenkarte) 2.) Nutzbarmachung der Habitattypen (in Prozenten der Zeit), welche die Tiere auf diesem Habitattyp verbringen. 3.) Bevorzugung der verschiedenen Habitattypen durch die Tiere 4.) Kritischer Habitattyp: welcher Habitattyp ist kritisch für das Überleben und die Reproduktion einer Population
Item	Spalte einer Attributtabelle
Lattice	Spezialfall eines Grids in ARC/INFO
Polygon	In Vektordaten von ARC/INFO Bezeichnung für eine Fläche, gebildet aus Umrisslinien
Raum	Dreidimensionales Gebilde im Bereich der Erdoberfläche mit unterschiedlich grossen Ausdehnungen in der Vertikalen und Horizontalen. In der Geographie wird ein Untersuchungsobjekt als geographischer Raum definiert. Je nach Betrachtungsperspektive werden Naturraum, Wirtschaftsraum, Siedlungsraum, Verkehrsraum usw. definiert.
Routinen	Untereinheit in einer AML
Standort	Gesamtheit der an einem Wohnort eines Organismus auf diesen einwirkende Standortfaktoren

Standortfaktor	Umweltfaktor eines Standorts, aufgeteilt in biotische (Vegetation, Feinde, menschliche Einwirkung,...)und abiotische Faktoren (Temperatur, Licht, geologische Struktur,...)
TABELS	ARC/INFO-Modul zur Bearbeitung von Tabellen mit Datenbankfunktionen
TIN	Triangulated Irregular Network. Dreiecksvernetzung von Punkten zu einem Höhenmodell. Bezeichnung für ein Modul in ARC/INFO, das Funktionen für Tinstrukturen enthält
Topologie	Lage und Anordnung von geometrischen Gebilden im Raum Elemente eines topologisch strukturierten Raumes bleiben bei umkehrbar eindeutigen Abbildungen invariant
Wildforschung	Wissenschaft der Erforschung von freilebenden Tierarten (im Gegensatz zu den Haustieren)

Vorwort

Mein Dank gilt allen, welche mich während meiner Arbeit unterstützt haben:

Frau Dr. Britta Allgöwer, die mich in den letzten Monaten hervorragend betreut hat und eine Fülle von konstruktiven Ideen einbrachte.

6

Herrn Prof. Dr. Kurt Brassel, der mir die Durchführung einer Diplomarbeit in seiner Abteilung ermöglichte.

Allen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des geographischen Instituts der Universität Zürich, welche in irgendeiner Form zur Entstehung dieser Arbeit beitrugen.

Stefan Imfeld von der Abteilung für Ethologie und Wildforschung der Universität Zürich, der in Bezug auf zoologische Fragen mein Hauptansprechpartner war und mich auch in vielen computertechnischen Problemen unterstützte.

Prof. Dr. Bernhard Nievergelt, René Güttinger, Karin Hindelang und Matthias Wüst, mit denen ich im Rahmen des "Habitatchränzlis" viele Stunden diskutierte und eine Menge über Wildforschung lernte.

Nathalie Rochat, Dr. Heinrich Haller und der Gesellschaft zur Wiederansiedlung der Bartgeier in der Schweiz, die mir Daten für meine Tests zur Verfügung stellten.

Barbara Frei, die mich in jeder Beziehung unterstützte und Verständnis zeigte, wenn ich geistesabwesend ein Problem im Zusammenhang mit meiner Arbeit wälzte.

1. Einleitung

Jeder Organismus steht in wechselseitiger Beziehung zu anderen Organismen, ist an eine bestimmte Umwelt angepasst und zeigt ein von Raum und Zeit abhängiges Verhalten. Die Beobachtung und Beschreibung solcher Wechselwirkungen sind der Aufgabenbereich der Ökologie. Ein Teilgebiet der Ökologie bildet die Wildforschung, welche die Wechselbeziehungen von freilebenden Tieren innerhalb einer Spezies, zu anderen Tierarten innerhalb eines definierten Raumes oder in Abhängigkeit verschiedener Standortfaktoren untersucht. Zu diesen Fragestellungen der Wildforschung ist in den letzten Jahrzehnten eine Fülle von Analysemethoden entwickelt worden. Grundsätzlich werden dabei zwei Typen unterschieden: Homerange- und Habitatanalysen.

Die Homerangeanalysen beschäftigen sich mit den Beobachtungen von einzelnen Tieren oder Tiergruppen, welche in Herden zusammenleben. Alle Methoden versuchen, Einzelbeobachtungen, als Flächen- bzw. Raumstruktur wiederzugeben. Mit dem Aufkommen von leistungsfähigen Rechnern wurden auch die Methoden verfeinert. Zu Beginn war es nur die Umrisslinie des Homerange, welche mittels eines einfachen Algorithmus berechnet wurde. Sie liess nur einen Vergleich der Homeranges verschiedener Individuen zu und enthielt unter Umständen grosse Fehler. Heute wird versucht, mit der Festlegung von Kernzonen intraspezifische Aussagen zum Homerange verschiedener Individuen zu machen. Zudem werden mit Hilfe von Verhaltensbeobachtungen innerhalb des Gebiets Zonen unterschiedlicher Aktivität definiert. Ein Vergleich mit tierartrelevanten Standortfaktoren lässt zudem auf bestimmte Präferenzen schliessen, welche eine Spezies zu einem dieser Standortfaktoren entwickelt hat. Damit wird der Übergang von der Homerange- zur Habitatanalyse bewerkstelligt.

Mit Hilfe einer Habitatanalyse wird versucht, ein definiertes Gebiet in Bezug auf eine oder mehrere Tierarten zu beschreiben und zu bewerten. Biotische und abiotische Standortfaktoren werden zur Beschreibung herangezogen, Präsenz/Absenz- und Präferenzanalysen mit Hilfe tatsächlicher Beobachtungen durchgeführt.

Während bei den Homerangeanalysen die Anzahl der verwendeten Methoden überblickbar ist und sich im Laufe der letzten 50 Jahre einige Standardmethoden durchgesetzt haben, ist die Fülle von Analysemethoden für die Bewertung bzw. die Bestimmung des Habitats unendlich gross. Beinahe jede Fragestellung entwickelt wieder eine eigene Analysemethode und erschwert damit eine Standardisierung und einen Vergleich der Qualität der Methoden.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Nutzung von Geographischen Informationssystemen (GIS) in der Wildforschung. Ein Instrument, welches in einem Wissenschaftszweig - der Geographie - bereits anerkannt und weit verbreitet ist, soll der Wildforschung und ihren Methoden zugänglich gemacht werden. Deshalb werden zum Teil Begriffe und Sachverhalte erklärt, die ins jeweilige Sachgebiet einführen. Im Übrigen sei hier auch auf das Glossar verwiesen, welches die wichtigsten Begriffe beider Gebiete kurz definiert.

2. Zielsetzung und Problemstellung

Mit der Entwicklung von Geographischen Informationssystemen (GIS), welche einerseits eine zweckmässige Verwaltung raumbezogener Sachdaten und andererseits Analysemöglichkeiten für diese Sachdaten anbieten, wurde ein Instrument geschaffen, welches die Wildforschung in ihren Untersuchungen unterstützen kann. Zahlreiche Publikationen berichten von der Nutzung eines GIS in der Wildforschung und belegen damit die Tatsache, dass Geographische Informationssysteme bereits häufig genutzt werden. Im Vordergrund steht aber immer der Bezug zu einer spezifischen Tierart. Die Nutzung des GIS wird den Gegebenheiten der Infrastruktur, der Datenlage, dem Zeitaufwand und der Kenntnis des Bearbeiters angepasst.

Diese Diplomarbeit stellt folgende zentrale Fragen:

- Welche Möglichkeiten bietet ein Geographisches Informationssystem den Methoden der Wildforschung in Bezug auf die Datenaufnahme, Datenverwaltung, Datenanalyse und Darstellung.
- Welche Vorteile bietet ein Geographisches Informationssystem gegenüber bestehenden Analysesystemen der Wildforschung?
- Welche Voraussetzungen müssen bei der Datenaufnahme berücksichtigt werden, damit ein GIS sinnvoll eingesetzt werden kann, und bestimmte Abläufe standardisiert werden können?

Einen Schwerpunkt soll die Datenanalyse bilden. Hier sollen einerseits Beispiele von Homerange- und Habitatanalysen mit einem GIS (ARC/INFO) durchgeführt und zu einem Prototypen zusammengestellt werden, der folgende Punkte bearbeiten kann:

- Berechnung der Fläche eines Homeranges
- Vergleich der Homeranges verschiedener Individuen oder Tiergruppen
- Vergleich des Homerange eines Tieres unter Berücksichtigung des jahreszeitlich bedingten Verhaltens
- Vergleich der Homeranges von Tieren mit unterschiedlicher Datendichte
- Analyse des Homerange unter Einbezug der Raummerkmale
- Vergleich verschiedener Homerangemethoden

Der Bereich der Darstellung wird abgedeckt durch einige Beispiele mit den zur Verfügung stehenden Daten.

Das Ziel der Arbeit ist, einen Einstieg in diesen Themenkreis zu vollziehen. Versuche mit Daten aus der Wildforschung sollen erste Hinweise liefern, wie sich die Methoden mit unterschiedlichen Beobachtungsdaten verhalten. Dabei sollte vor allem das GIS in Kreisen der Wildforschung publik gemacht werden. Kein Ziel konnte es sein, die implementierten Methoden systematisch zu analysieren. Dies muss die Aufgabe nachfolgender Untersuchungen sein. Auch wurden keine konkreten Antworten in Bezug auf eine Fragestellung in der Wildforschung gesucht. Wenn in dieser Arbeit in dieser Richtung Ansätze vorhanden sind, dann deshalb, weil es unmöglich ist, nur Methoden, ohne Bezug zu einer Tierart und zu spezifischen Fragestellungen zu bearbeiten.

3. Homerangeanalysen

Der Begriff Homerange wurde von Burt definiert als "das Gebiet, welches ein Tier bei seinen normalen Aktivitäten wie Futtersuche, Paarung, Pflege und Aufzucht der Jungen benutzt"¹. Dabei wird einerseits die Punktwolke, welche die einzelnen Beobachtungen beinhaltet, als Homerange bezeichnet. Der Gebrauch des Wortes Homerange wird andererseits auch für die Beschreibung der Schätzung der vom Tier genutzten Fläche benutzt. In dieser Arbeit wird der Begriff vor allem in diesem Sinne verwendet.

Wichtig ist der in Burts Definition verwendete Begriff "normale Aktivitäten". Nicht jeder Punkt, an welchem sich das Tier während seines Lebens aufhält, gehört zum Aktivitätsgebiet und damit zum Homerange. Manchmal wird auch bei einer grösseren Gruppe von Tieren (z. B. Herden) von einem Homerange gesprochen.

Den ersten Schritt zur Beschreibung und Berechnung eines Homerange bildet die Feldarbeit, bei der Beobachtungsdaten von Tieren gesammelt werden. Nebst der eigentlichen Lokalisation spielt dabei das Verhalten des Tieres an diesem Ort zum Beobachtungszeitpunkt eine zentrale Rolle. Es gibt eine Fülle von Methoden, wie Tiere beobachtet werden, und auch sie werden den verschiedensten Gegebenheiten angepasst, welche nicht immer auf topographische oder tierartspezifische, sondern vielmehr auf zeitliche und finanzielle Überlegungen zurückzuführen sind. Angeführt werden hier drei Beispiele, welche das breite Spektrum der Datenerhebung in der Wildforschung zeigen sollen:

1. Zufällige Beobachtung eines Individuums durch einen Beobachter, der eine Begegnung mit einem markierten Tier mit einer Meldekarte melden kann (Kap. 6.2.1.).
2. Systematische Beobachtung mit Sichtmarken oder Sendern versehener Tiere in regelmässigen zeitlichen Intervallen (Kap. 6.2.3).
3. Beobachtung von Wanderbewegungen grosser Herden mit Hilfe von Satelliten.

Entscheidend für die Nutzung in einem GIS ist nicht die Art der Beobachtung, sondern die Qualität der Datenerfassung. Sie ist von eminenter Wichtigkeit bei der Beurteilung einer im GIS vorgenommenen Analyse (Kap. 7.4.).

¹Burt W. H., Territoriality and home range concepts as applied to mammals, J. of Mammal 24, 1943, p. 351

Das zentrale Anliegen bei der Schätzung eines Home ranges besteht darin, aus der Punktwolke, welche die Tiere in verschiedenen Momentaufnahmen zeigt, eine Fläche zu schätzen, die dem Gebiet entspricht, in dem die Tiere normalerweise aktiv sind. Dazu wurden in den letzten Jahren verschiedene Methoden entwickelt.

3.1. Bedeutung der Home rangeanalysen in der Wildforschung

Bei wissenschaftlichen Arbeiten in der Wildforschung werden sehr häufig Aussagen zu Home ranges einzelner Individuen gemacht. Home rangeanalysen beschreiben die Verteilung eines Individuums in Raum und Zeit und die Nutzung eines zur Verfügung stehenden Habitats. Zugleich lassen sich verschiedene Tiere in verschiedenen Räumen miteinander vergleichen, falls dieselben Analysemethoden verwendet werden. Ebenfalls von grosser Bedeutung sind die Home ranges und deren Flächen, wenn sie für die Abschätzung des genutzten Habitats verwendet werden (Kap. 4.2.).

Immer häufiger werden aber nicht einfach Gesamtflächen und deren äussere Grenzen in die Betrachtungen miteinbezogen. Vielmehr wird versucht, auch dem inneren Gefüge eines Home range eine Raum-Zeit-Struktur zu geben. Kernzonen mit dichter auftretenden Beobachtungen werden von Randzonen mit geringer Beobachtungsdichte unterschieden, Zonen mit verschiedenen Aktivitäten voneinander abgegrenzt.

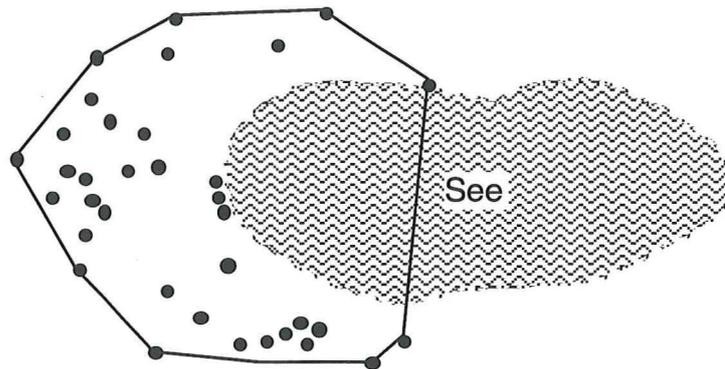
3.2. Überblick der Methoden

3.2.1. Minimum-Convex-Polygon

Die älteste und immer noch am häufigsten verwendete Methode zur Berechnung eines Home range ist die des konvexen Polygons, also die Verbindung der äussersten Punkte zu einer konvexen Hülle, welche alle Punkte umfasst. Die Vorteile liegen in der Einfachheit der Berechnung. Diese Methode erlaubt einen Vergleich mit älteren Studien und eignet sich bei einer geringen Anzahl von Beobachtungspunkten, wo Dichteverteilungen ungenügende Resultate liefern. Allerdings hat sie auch gravierende Mängel: so umschliesst sie zufällige, "nicht normale" Punkte weit ausserhalb des Hauptaktivitätsgebietes und beinhaltet so eine grosse Peripherie, die unter Umständen vom Tier gar nie besucht wird. Teilweise kann dem entgegengetreten werden, indem man vor der Bildung des Polygons die Extrempunkte eliminiert.

Auch topographische Elemente, (Abb. 1) können das Verteilungsmuster eines Tieres beeinflussen. Obwohl im See keine Beobachtungspunkte vorhanden sind, umfasst das konvexe Polygon ca. 40% der Seefläche. Je nach Tierart muss davon ausgegangen werden, dass der See nicht zum Homerange gehört.

Abb. 1 Schematische Darstellung eines Minimum-Convex-Polygons



Trotzdem ist diese Methode ihrer Einfachheit und der Möglichkeit wegen, ältere Studien zum Vergleich heranziehen zu können, immer noch sehr wichtig und muss in eine GIS-Analyse, die auf verschiedenen Methoden beruhende Berechnungen zulassen soll, miteinbezogen werden.

3.2.2. Bivariate Normalverteilungen

Dichteverteilungen innerhalb eines Homerange werden auch mit Hilfe statistischer Methoden bestimmt. Eine Möglichkeit ist die bivariate Normalverteilung, die von der - allerdings selten bis nie zutreffenden Annahme ausgeht - dass die Aufenthaltsorte der Tiere normalverteilt sind, mit der wahrscheinlichsten Lokalität im Zentrum des Homerange. Vom arithmetischen Mittelzentrum aus wird eine Ellipse berechnet, welche z. B. 95% der Punkte umfasst und eine Schätzung des Homerange darstellt. White (1990) stellt fest, dass alle bivariaten Normalverteilungen vom Konzept her die Bewegungen der Tiere nicht exakt beschreiben: Es gibt keinen biologischen Grund, weshalb die Tiere sich meistens im Zentrum und selten im Randgebiet aufhalten sollen.² Eine 95%- Ellipse als Schätzung für das Homerange ist also ungenau, da sie eine einzige Kernzone im Mittelzentrum voraussetzt.

²White G. C., Analysis of Radio Tracking Data , 1990

Interessanter wird der Einsatz der bivariaten Normalverteilung in einem Raster: Die Dichteverteilung wird mit Hilfe der Normalverteilung berechnet. Dabei wird der Rasterpunkt als Mittelzentrum angenommen, ein Beobachtungspunkt auf dem Netzpunkt erhält den Wert 1, je weiter der Punkt vom Beobachtungspunkt entfernt ist, desto kleiner wird sein Wert und damit sein Gewicht auf den Rasterpunkt. Definiert wird die Abnahme des Wertes über die Standardabweichung, welche vom Benutzer festgelegt und von der räumlichen Auflösung abhängig gemacht wird (Kap. 3.2.3.2.) .

3.2.3. Nichtparametrische Methoden

Wie bereits erwähnt, wird in der Wildforschung immer häufiger versucht, die innere Raum-Zeit-Struktur eines Home ranges zu beschreiben, welche das Verständnis für die Aktivitäten innerhalb des Home ranges ermöglicht.

Die einfachste dieser Dichteverteilungsmethoden stellt eine Zählmethode dar, wo den Beobachtungspunkten ein Raster überlagert wird und innerhalb jeder Rasterzelle die Anzahl der Beobachtungspunkte gezählt wird. Dieses Verfahren eignet sich nur, wenn viele Beobachtungspunkte vorhanden sind und die Maschenweite des Netzes relativ gross ist; es nimmt keine Rücksicht auf Nachbarzellen.

Zur besseren Beschreibung der Kernzonen werden aus Dichteverteilungen häufig Isoplethen abgeleitet, die Flächen gleicher Dichte zusammenfassen. Abgeleitet von Dichteverteilungen werden auch Auftretenswahrscheinlichkeiten berechnet.

3.2.3.1. Dichteverteilungen mit Hilfe des harmonischen Mittels

1880 stellten Dixon und Chapman³ eine Methode vor, welche anstelle des einfachen Abzählens den z- oder Dichtewert der Rasterzelle über das harmonische Mittel bestimmten. Sie überlagerten den Beobachtungspunkten ein Netz und bestimmten zu jedem Netzpunkt das harmonische Mittel der Distanz zu allen Beobachtungspunkten des Untersuchungsgebiets. Es ergibt sich ein umgekehrt proportionales Mittel, das heisst, je kleiner dieses harmonische Mittel ist, desto grösser ist die Aktivität bei diesem Punkt (Abb.2). Das harmonische Mittel für jeden Netzpunkt berechnet sich durch:

³Dixon K. R., Chapman J. A., Harmonic mean measure of animal activity area, Ecology 61, 1980

$$\bar{d}_{g1} = \frac{1}{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{1}{[(x_i - x_{g1})^2 + (y_i - y_{g1})^2]^{\frac{1}{2}}}} \quad \text{für } (x_i - x_{g1})^2 + (y_i - y_{g1})^2 \neq 0 \quad (1)$$

$$\bar{d}_{g1} = 1 \quad \text{für } (x_i - x_{g1})^2 + (y_i - y_{g1})^2 = 0 \quad (2)$$

\bar{d}_{g1} : Dichtewert an der Stelle $g1$

n : Anzahl Beobachtungen

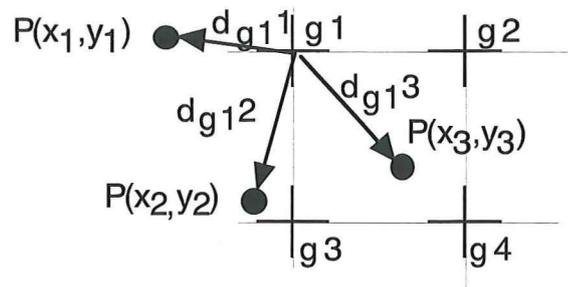
x_i : x-Koordinate des Beobachtungspunktes i

y_i : y-Koordinate des Beobachtungspunktes i

x_{g1} : x-Koordinate des Rasterpunktes $g1$

y_{g1} : y-Koordinate des Rasterpunktes $g1$

Abb. 2 Schematische Darstellung der Berechnung des harmonischen Mittels für den Netzpunkt $g1$



Diese Methode hat aber ein Problem: Es wird es im ganzen überlagerten Raster keine Punkte mit "Nullaktivität" geben, da das harmonische Mittel zu allen Punkten nie null ist.

3.2.3.2. Dichteverteilungen mit Hilfe der bivariaten Normalverteilung

Bei dieser Schätzung der Dichteverteilung wird das Verteilungsmuster der Punktdaten ebenfalls in eine Dichtematrix umgewandelt. Der Dichtewert jedes Rasterpunktes wird bestimmt durch die bivariate Normalverteilung bei vom Benutzer vorgegebener Standardabweichung⁴:

⁴Worton B. J., Kernel Methods for Estimating the Utilisation Distribution in Home Range Studies, 1989

Worton (1989) definiert den Dichtewert des Matrixpunktes mit

$$\bar{d}_{g1} = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\sqrt{(x_i - x_{g1})^2 + (y_i - y_{g1})^2}}{2h^2}} \quad (3)$$

\bar{d}_{g1} = Dichtewert an der Stelle $g1$

h = Smoothingparameter (~Standardabweichung), vom Benutzer definiert

n = Anzahl Beobachtungspunkte

X_i : x-Koordinate des Beobachtungspunktes i

Y_i : y-Koordinate des Beobachtungspunktes i

X_{g1} : x-Koordinate des Rasterpunktes $g1$

Y_{g1} : y-Koordinate des Rasterpunktes $g1$

Zu beachten gilt, dass die Benutzung der bivariaten Normalverteilung nicht mit der Annahme einhergeht, die Aufenthaltsdichte um einen Rasterpunkt sei normalverteilt. Die Normalverteilung wird ausschliesslich als Funktion zur Bestimmung eines Dichtewerts benutzt, die in Abweichung zu anderen Funktionen (harmonisches Mittel, lineare Funktion) die Distanz zu Beobachtungspunkten anders gewichtet. Worton benutzt die Standardabweichung, welche vom Benutzer definiert werden kann, als Smoothingparameter: Je grösser sie gewählt wird, desto stärker werden Beobachtungspunkte weit entfernt vom Rasterpunkt gewichtet. Dies hat eine Glättung der Dichteverteilung zur Folge. In der Praxis wird aus verschiedenen Gründen (Rechenaufwand und Abgrenzung des Gebiets nach aussen) neben der Standardabweichung auch ein Suchradius definiert. Es werden nur die Beobachtungspunkte in die Berechnung des Dichtewerts des Rasterpunktes miteinbezogen, welche innerhalb des vom Suchradius definierten Umkreises um den Rasterpunkt liegen. Mit der Festlegung von Standardabweichung und Suchradius kann die Dichteverteilung stark beeinflusst werden (Kap. 7.1.3.2.).

3.3. Mögliche Algorithmen im GIS für die Homerangeanalyse

3.3.1. Puffer-Methode

Unter Puffern eines Objekts versteht man in der Umgangssprache eine Vorrichtung, welche einem empfindlichen Gegenstand vorgelagert ist und ihn dadurch schützt. Ähnlich wird der Begriff Puffern in Geographischen Informationssystemen verwendet. Einem Punkt oder einer Linie werden in einem bestimmten Abstand Linien vorgelagert. Bei Punkten heisst dies, man bildet um den Punkt mit einem bestimmten Radius ein kreisförmiges Polygon. Die entstehenden kleinen Kreisflächen werden zu einer Gesamtfläche addiert, welche als Homerange angenommen wird. Diese Methode hat drei Problempunkte. Erstens ist die Fläche, welche das Homerange bestimmt, stark von den Beobachtungspunkten abhängig. Zweitens kann nichts über die Kernzonen des Homerange ausgesagt werden. Drittens stellt sich das Problem des Radius. Meistens kann dieser nur geschätzt werden. Bei einigen Anwendungen wurde auch die Messungenauigkeit, welche bei den Peilungen in der Telemetrie entsteht, als Angabe zur Festsetzung des Radius verwendet und hat mit der beobachteten Tierart nichts zu tun.⁵ Auch bei dieser Methode wird von der Annahme ausgegangen, die Aktivität des Tieres breite sich regelmässig um den Beobachtungspunkt aus. Vor allem wenn wenig Beobachtungen vorliegen, und die Pufferradien gross sind, dürfte die Fläche rund um den Beobachtungspunkt eher einer Andeutung eines möglichen Homerange als einer Schätzung entsprechen, auch wenn dabei einzelne topographische Elemente zur Abgrenzung verwendet werden.⁶

3.3.2. Thiessen-Polygone

Einen Ansatz in der Geographie, Punkte in Polygonflächen zu verwandeln, die in Abhängigkeit der Distanzen der Punkte untereinander stehen, bildet die Methode der Thiessen-Polygone. Die Polygone um jeden Punkt werden mit den Mittelsenkrechten der Dreieckslinien definiert, welche bei der Generierung eines Triangulated Irregular Network (TIN) entstehen. Die Dreiecke des TINs müssen dabei das Delaunay-Kriterium erfüllen. Ein Delaunay-Dreieck erfüllt die Bedingung,

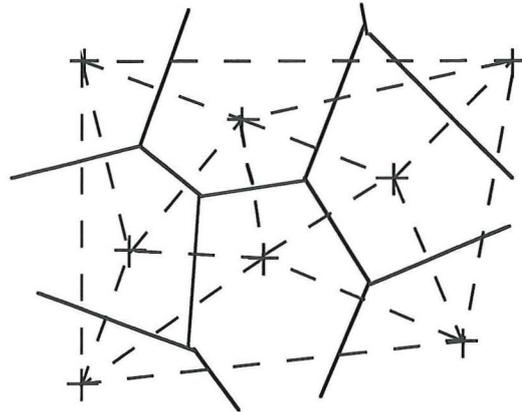
⁵Mündliche Mitteilung R. Bögel, Nationalpark Berchtesgaden

⁶Stahl P., Distribution of the Lynx in the French Alps, Vortrag an der Conference of the Alpine Lynx Population, Engeberg, 7.-10. 12. 1995

dass innerhalb des Umkreises des Dreiecks kein weiterer Netzpunkt vorkommt. Die Umkreismittelpunkte der Delaunay-Dreiecke entsprechen den Eckpunkten der Thiessenpolygone.⁷

Ein Beispiel zur Anwendung dieser Methode wird im Kapitel 7.1.3.5. beschrieben.

Abb. 3 Thiessen-Polygone



3.3.3. Dichteverteilungen mit dem Triangulated Irregular Network (TIN)

Um der Definition der Zellgröße eines Rasters auszuweichen, kann in einem GIS eine Dichteverteilung auch mit einem TIN berechnet werden. Anstatt der Berechnung eines Dichtewerts bei einem Rasterpunkt, können hier die Algorithmen (harmonisches Mittel, bivariate Normalverteilung oder eine lineare Funktion) zur Berechnung eines Dichtewerts bei den Beobachtungspunkten direkt angewendet werden. Diese Werte werden als z-Werte bei der Berechnung eines TIN eingesetzt, welches mit Hilfe einer Dreiecksvermaschung eine Dichteverteilung für die Beobachtungspunkte berechnet (Kap. 5.3.2.2.).

⁷Bartelme N., Geoinformatik, Springer, 1995

4. Habitatanalysen

Mit zunehmender Nutzung der Erde durch den Menschen und mit dem Entstehen eines vertieften Umweltbewusstseins entstand um 1970 das Bedürfnis, Schätzungen der Zahl der Individuen von Tierarten und deren Lebensräume (Habitate) zu erstellen. Da unmöglich die Individuen einer Tierart einzeln gezählt werden konnten, wurden Standortfaktoren zu Habitattypen zusammengefasst, welche den Lebensraum einer Tierart arttypisch beschreiben und bewerten. Damit können Schätzungen über die Grösse und die Qualität des potentiellen Habitats gemacht werden. Unter potentielltem Habitat wird das Gebiet verstanden, das eine Tierart benutzen müsste, wenn die Annahmen, die zur Bildung eines Habitattyps führen, richtig sind und der Wahrnehmung des Tiers auch wirklich entsprechen. Vom potentiellen Habitat ist deshalb oft für das Tier nicht alles verfügbar. Ansprüche von Menschen und von anderen Tierarten auf Teile dieses Gebiets schränken das potentielle Habitat auf das verfügbare Habitat ein. Territorien, Lärmimissionen und Konkurrenz einer anderen Spezies seien hier als Beispiele genannt. Ein Tier oder eine Tierart zeigt auch Präferenzen zu einem bestimmten Habitattyp. Die Gründe für die Nutzung bzw. das Meiden eines bestimmten Habitattyps, obwohl er eigentlich geeignet erscheint, ist entweder artspezifisch oder sogar abhängig von individuellem Verhalten und kann oft nicht mit Sicherheit beurteilt werden. Das kritische Habitat bezeichnet die Mindestanforderung, die eine Art an ein Habitat stellt, um eine überlebensfähige Population zu bilden. Neben den Habitattypen wird dabei vor allem auch die Mindestgrösse eines Gebietes definiert. Oftmals sind Angaben zum kritischen Habitat sehr vage, da Erkenntnisse in diesem Bereich zuwenig breit abgestützt sind, weil ein langfristiges Monitoring für die meisten Tierarten erst in den letzten Jahren begonnen wurde.

Um tierartspezifische Habitattypen zu bestimmen, wird in der Literatur eine Fülle von Methoden beschrieben, welche den relevanten Habitattyp bestimmen und ihn in Bezug auf andere Habitattypen bewerten. Basis für die Bildung und die Bewertung von Habitattypen bilden neben morphologischen und ethologischen Grundlagen auch die Homerangeanalysen und deren Vergleich mit biotischen und abiotischen Standortfaktoren. Beispiele für biotische Faktoren sind die Vegetation, die Konkurrenz innerhalb der eigenen Tierart, die Konkurrenz mit anderen Spezies inklusive dem Menschen. Beispiele für abiotische Standortfaktoren sind die Topographie, die Geologie, die Bodenchemie. Wichtig ist dabei der Bezug zur Tierart. So kann zum Beispiel die Geologie mit ihrem Einfluss auf die Topographie und die Vegetation auf eine Tierart in Bezug auf die Habitatwahl grosse Auswirkungen haben, während sie für eine andere bedeutungslos sein kann und

somit für die Habitatbewertung nicht relevant ist. Damit entstehen Habitattypen, welche entweder aus einzelnen relevanten Standortfaktoren oder einer relevanten Standortkombination gebildet werden. Beispielsweise können Vegetationstypen alleine oder in Kombination mit den Höhenstufen verschiedene Habitattypen bilden.

Die Beurteilung bestimmter Habitate oder einzelner Habitattypen erfolgt mit Methoden, welche sich in folgende Gruppen einteilen lässt:

1. Präsenz/Absenz-Analysen
2. Präferenz-Analysen
3. Multivariate Analysen

Präsenz/Absenz- und Präferenz-Analysen ermöglichen eine Beurteilung und Verbesserung eines sogenannten Habitat Suitability Index (HSI), der in der multivariaten Analyse verwendet wird, indem sie das potentielle Habitat, gegliedert in Habitattypen, auf Präsenz/Absenz und Präferenz durch die Tiere untersuchen.

Das Schwergewicht all dieser Analysemethoden liegt bei der Bewertung des Habitats einzelner Spezies. Habitat-Analysemodelle für mehrere Tierarten gleichzeitig entwickelte das "U.S. Bureau of Land Management" mit dem Integrated Habitat Inventory and Classification System (IHICS)⁸, der Forest Service mit dem Life-Form-System⁸. Diese Methoden konnten aber im Verlauf dieser Diplomarbeit nicht weiter verfolgt werden.

4.1. Präsenz/Absenz-Analysen

Wie der Name sagt, bestimmen diese Modelle Auftreten bzw. Fehlen einer Spezies in einer bestimmten Raumeinheit. Das Habitat wird in Parzellen mit Auftreten und Fehlen aufgeteilt, das entstehende Muster kann zur Bildung von Habitattypen verwendet werden. Die Definition der Parzellengröße und -form erfolgt meist in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Grund- und Beobachtungsdaten. Sind bereits Erkenntnisse zu den Tieren und den bestimmenden Standortfaktoren vorhanden, können die Parzellen aufgrund von Standortfaktoren unterteilt werden. Sind wenig Grunddaten und Erkenntnisse vorhanden, werden die Parzellen auch durch rechteckige Flächen, ohne Bezug zu Standortfaktoren, definiert.⁹ Allerdings

⁸Berry K. H., 1986, Development, Testing, and Application of Wildlife-Habitat-Models, Wildlife 2000, 1986, p. 3 ff.

⁹Molinari P., The Lynx in the Italian South-Eastern Alps, Vortrag an der Conference of the Alpine Lynx Population, Engeberg, 7.-10. 12. 1995

ist es aufgrund dieser Methoden nicht einfach, den bestimmenden Standortfaktor zu finden. Von entscheidender Bedeutung ist auch die Wahl der Zellengröße, in welcher das Fehlen oder Auftreten festgestellt wird.

4.2. Präferenz-Analysen

Spannender in der Anwendung sind Präferenzmodelle, die Habitate nicht nur in Gebiete von Präsenz/Absenz aufteilen, sondern versuchen, Habitattypen mit einer signifikanten Präferenz durch die Tierart im Verhältnis zum Angebot festzustellen. Das heisst, bei einer Präferenz verbringt eine Tierart mehr Zeit in einem Habitattyp als aufgrund des Angebots dieses Habitattyps erwartet würde. Logischerweise entsteht bei der Präferenz eines Habitattyps ein Meiden eines oder mehrerer anderer Habitattypen.

4.2.1. χ^2 -Test

1974 stellten Neu et al. eine heute in der Präferenzanalyse häufig verwendete Standardanwendung, den χ^2 -Test vor¹⁰. Sie eignet sich dann, wenn die Anzahl der Beobachtungen, der verfügbare Raum und die Abgrenzung in verschiedene Habitattypen genau bekannt ist. Falls die Fläche bzw. die Anzahl Beobachtungen nur geschätzt werden kann, sollte der Test von Johnson bzw. von Marcum und Loftsgarden verwendet werden¹¹.

Die Testgrösse des χ^2 -Tests nach Neu et al. (1974) wird definiert als:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\text{beob.} - \text{erw.})^2}{\text{erw.}} \quad (4)$$

n: Anzahl der Habitattypen

beob.: Beobachteter Wert für den Habitattyp i

erw.: erwarteter Wert für den Habitattyp i

¹⁰Neu C., et al., A technique for analysis of utilisation-availability data, J. Wildl. Manag. 38, 1974, p. 341 ff.

¹¹White G. C., Analysis of Radio Tracking Data, 1990 p. 22

Dabei bilden die Verhältnisse der Habitattypen zum Gesamthabitat den Erwartungswert (erw.), die realen Beobachtungen innerhalb eines Habitattyps den Beobachtungswert (beob.).

Die Nullhypothese besagt, dass sich die Beobachtungen proportional auf die Habitattypenanteile verteilen. Ist dies nicht der Fall, zeigt das Tier eine Präferenz auf einen oder mehrere Habitattypen.

Der χ^2 -Test wurde als Beispiel einer Präferenzanalyse in ARC/INFO implementiert (Kap. 5.4.1.).

Falls die Nullhypothese auch auf jeden einzelnen Habitattyp, unabhängig von den anderen Habitattypen, geprüft werden soll, schlugen die Autoren die Bildung eines Bonferroni-Konfidenzintervalls vor¹².

4.3. Multivariate Analysen

Die Bildung und Bewertung der einzelnen Raummerkmale in der Präferenzanalyse führt zu den Erkenntnissen, weshalb bestimmte Standortfaktoren von einer Tierart häufig benutzt bzw. gemieden werden. Der Raum kann daher mit multivariaten Analysen für eine Tierart in Bezug auf diese Standortfaktoren untersucht werden. Zusammengefasst werden alle bekannten und relevanten Standortfaktoren in einem sogenannten Habitat Suitability Index (HSI). Den Index bildet eine Formel, welche die einzelnen Raummerkmale ihrer Wichtigkeit entsprechend für das Bestehen und Überleben der Tierart zu einem Wert pro Raumeinheit zusammenfasst.

So setzt sich beispielsweise der Eignungswert des Habitats für eine Gemse für jede Raumeinheit wie folgt zusammen¹³

$$HSI = (E_1 + E_2) * E_3 \quad (5)$$

E₁: Eignungswert des Anteils Vegetation ohne Wald

E₂: Eignungswert des Anteils Wald

E₃: Eignungswert des Anteils Fels

Die relevanten Raummerkmale für die Gemse sind demnach der Anteil waldfreie Vegetation im Verhältnis zum Anteil Wald für den Nahrungsbedarf und den

¹²Neu C., et al., A technique for analysis of utilisation-availability data, J. Wildl. Manag. 38, p. 341 ff.

¹³Schröder W., Georgii B., Ein Habitatmodell für Gams, Mitteilungen aus der Wildforschung, 1988

Felsanteil für die Sicherheit. Je nach prozentualen Anteilen der drei Raummerkmale, bzw. der Distanz einer Raumeinheit zu diesen, ergibt sich der Eignungswert bzw. der Habitatindex dieser Raumeinheit für die Gemse. Eine flächenhafte Betrachtung aller Raumeinheiten bewertet das potentielle Habitat der Gemse, wo Gebiete mit einem hohen Index aus menschlicher Optik geeigneter erscheinen als solche mit einem niedrigen Index. Die Gemse zum Beispiel zeigt eine Präferenz für Gebiete mit einem Waldanteil von 50% und einem Felsanteil zwischen 10% und 50%, um einerseits optimale Nahrungsbedingungen und andererseits Fluchtmöglichkeiten und Verstecke zu haben. Ein Vergleich mit Homerangeanalysen zeigt, welche Gebiete vom Tier wirklich genutzt werden und erlaubt so eine weitere Verbesserung des HSI. Zudem kann festgelegt werden, wie gross der Index einer Raumeinheit sein muss, damit das Tier diesen Raum auch wirklich nutzt.

4.3.1. Multivariate Analyse des Gänsegeiers

Wie dieses Beispiel mit der Gemse zeigt, sind multivariate Analysen anhand eines HSI Analysen zu einer bestimmten Tierart, bei welcher jeder Faktor angepasst werden muss. Einen Habitat Suitability Index für Gänsegeier stellt Bögel (1995) in seiner Dissertation über Gänsegeier im Gebiet des Nationalparks Berchtesgaden in Deutschland vor.¹⁴ Er bewertet das Habitat nach verschiedenen Habitattypen, welche aufgrund morphologischer Untersuchungen und Homerangeanalysen ermittelt und auf die bestehenden digitalen Datensätze abgestimmt wurden. Bögel definiert den Habitat Suitability Index wie folgt:

$$HSI = \frac{P_{\text{Nahrung}} + P_{\text{Brut}} + P_{\text{Aufwind}}}{3} \quad (6)$$

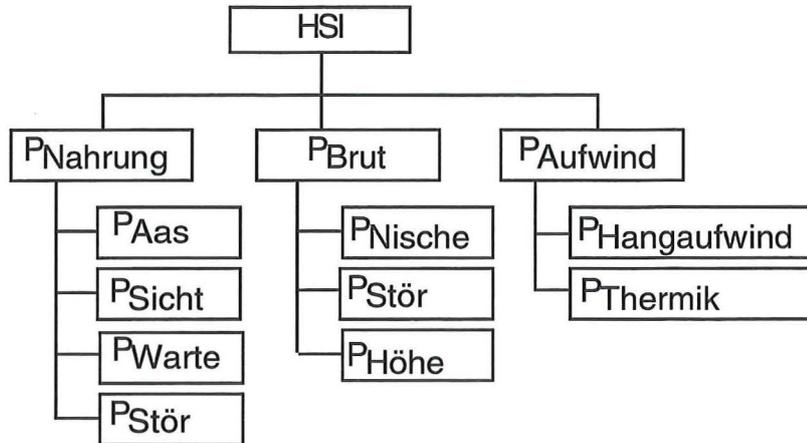
P_{Nahrung} : Nahrungspotential

P_{Brut} : Brutnischenpotential

P_{Aufwind} : Aufwindpotential

¹⁴Bögel R., Untersuchungen zur Flugbiologie und Habitatnutzung von Gänsegeiern, Forschungsbericht der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden (Deutschland) Nr. 33, im Druck

Dabei werden die potentiellen Teilhabitate (P_{Nahrung} , P_{Brut} und P_{Aufwind}) aus folgenden Faktoren zusammengesetzt:



P_{Nahrung} : Nahrungspotential

P_{Brut} : Brutnischenpotential

P_{Aufwind} : Aufwindpotential

P_{Aas} : Potentieller Kadaveranfall

P_{Sicht} : Sichtpotential

P_{Warte} : Potentielles Sitzwartenangebot

$P_{\text{Stör}}$: anthropogenes Störpotential

P_{Nische} : Brutnischenpotential

$P_{\text{Höhe}}$: Höhenabhängigkeit der Brutplätze in Bezug auf das Nahrungsgebiet

$P_{\text{Hangaufwind}}$: Aufwindpotential durch Hangaufwinde

P_{Thermik} : Aufwindpotential durch Thermik

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde der Versuch unternommen, diesen HSI für die Bewertung des Habitats der Bartgeier in der Schweiz anzupassen (Kap. 7.5.).

5. Entwicklung des Prototypen GAUDIS in ARC/INFO

Ein Ziel dieser Arbeit war der Aufbau eines Prototypen zur Nutzung von Homerange- und Habitatanalyseverfahren im Geographischen Informationssystem des Schweizerischen Nationalparks (GIS-SNP). Dieses GIS basiert auf ARC/INFO der Firma ESRI, und deshalb wurde dieser Prototyp mit der ARC/INFO-eigenen Programmiersprache Arc Macro Language (AML) entwickelt. Der Name des Prototypen - GAUDIS - steht für **G**eographical **A**nimal **U**tutilisation **D**istribution **I**nformation **S**ystem.

Da es im Rahmen dieser Diplomarbeit unmöglich war, in der Applikation alle Aspekte zur Nutzung eines GIS von der Datenaufnahme bis zur Datenausgabe zu integrieren, wurde das Schwergewicht auf die Eintwicklung eines zentralen Analysetwerkzeugs (tool) gelegt. Damit ist dieser Prototyp weit davon entfernt, einem Benutzer ohne Kenntnisse in ARC/INFO eine Analyse seiner Daten zu ermöglichen. Sollte GAUDIS zu einem späteren Zeitpunkt vermehrt eingesetzt werden, müsste die Anpassung an die UNIX-Umgebung verbessert werden, die Werkzeuge (tools) zur Datenintegration und -verwaltung hinzugefügt und die bereits vorhandenen Programmdateien (Files) überarbeitet werden.

5.1. ArcTools-Designstrategie

Ein Werkzeug (tool) in ARC/INFO enthält eine Operation oder eine Reihe von sich bedingenden Operatoren. Es ist aufgebaut aus einer Befehlsdatei (AML-file) und einer Menudatei (AML-file), welche das Werkzeug (tool) definiert. Falls notwendig, kann dem Werkzeug (tool) eine Hilfedatei (helpfile) zugewiesen werden.

ARC/INFO hält für seine Benutzer verschiedene Hilfen bereit, wie die im Grunde interaktive Eingabe von Befehlen automatisiert werden kann. Ein erster Schritt zur Zusammenfassung von Programmschritten stellt die AML dar, in der die interaktiv genutzten Befehle neben spezifischen Programmbefehlen genutzt werden können. ArcTools baut seinerseits auf der AML auf. Beim Start einer Tool-AML, welche bestimmte Operationen ermöglicht, wird in einem ersten Schritt ein Menü (tool-interface) initialisiert, welches der Benutzer auf dem Bildschirm sieht. Das kann ein Menü mit einer einfachen Mitteilung oder aber auch ein Menü mit Eingabemöglichkeiten für den Benutzer sein. Programmknöpfe (buttons) im Menü oder spezielle Menüleisten (pulldownmenu), wie sie heute jedem Windows- oder

Macintosh-Benutzer geläufig sind, starten bestimmte Aktionen, welche in der AML in sogenannten Routinen ablaufen.

Zur Unterstützung der Programmierung sind in einer Programmbibliothek (library) einzelne Werkzeuge (standalone-tools) bereitgestellt, welche sich als Bausteine verstehen, die in einer eigenen Applikation die selbst entwickelten Tools ergänzen und Standardoperationen ermöglichen können. Diese Werkzeuge (standalone-tools) bestehen aus dem AML-File, dem Menufile und einem Helpfile. Bei der Programmierung wird ein dokumentierter Standard verwendet, der leicht zu verstehen und zu erweitern ist.

Des weiteren stellt ARC/INFO ein Macroprogramm (shellscript) zur Verfügung, welches die Entwicklung eigener Applikationen mit der Bildung einer Basis-AML, eines Basis-Menüs und eines Helpfiles unterstützen. Die Basis-AML enthält Routinen zur Initialisierung eines Menüs, für die Meldung der Verwendung (usage) und für die Fehlerbehandlung. Die Analysewerkzeuge (tools) des Prototypen wurden mit Hilfe dieses Macroprogramms (shellscript) aufgebaut.

5.2. Verzeichnisstruktur und Grundstruktur des Prototypen GAUDIS

5.2.1. Verzeichnisstruktur

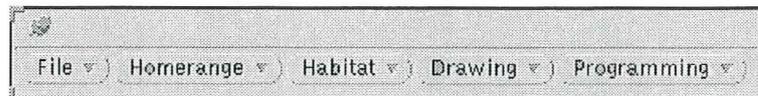
Die Struktur der Applikation wurde dem Standard angelehnt, wie er von ESRI Deutschland als Programmierstandard vorgeschlagen wird. Es wurde folgende Verzeichnisstruktur aufgebaut:

- aml Sammlung der Applikations-AML
 - bin C-Programme
 - drivers Module, Pulldownmenü
 - lib von der Bibliothek übernommene Tools
 - delib Analysetools der Applikation
 - cons Icons für Formmenüs
- hr Standarddatei für Daten

5.2.2. Grundstruktur des Prototypen GAUDIS

Mit einer Start-AML wird zuerst eine Initialisier-AML gestartet, welche die Setzungen (settings) zur Fenstergrösse (display) und der Pfade zu den AML-Dateien und den Menüs setzt. Danach wird ein Hauptmenüebalken aufgebaut, von dem fünf Menüs aufgerufen werden können.

Abb. 4 Hauptmenü von GAUDIS



Menü 1: File

Coverages ...	Auswahl von ARC/INFO-Coverages
Grids ...	Auswahl von ARC/INFO-Grids
TTY	Start eines Menüs zur interaktiven Eingabe von ARC/INFO-Befehlen

Menü 2: Homerange

Kernel-Estimation Using Grid	Start eines Menüs für die Berechnung eines Grids mit Dichtewerten, berechnet aus einer Coverage mit Beobachtungspunkten
Kernel-Estimation Using TIN	Start eines Menüs zur Berechnung und Darstellung eines Lattices mit einer Dichteverteilung basierend auf einem TIN. Zur Berechnung der Dichtewerte stehen eine lineare Funktion, eine Funktion mit der bivariaten Normalverteilung und eine Funktion mit dem harmonischen Mittel zur Auswahl.
space-and-time-analysis	Start eines Tools, welches die Auswahl eines Zeitabschnitts eines Datensatzes ermöglicht und Linien in der zeitlichen Reihenfolge der Beobachtungen von Punkt zu Punkt aufbaut.
Minimum-Convex-Polygon	Start eines Tools zur Berechnung eines konvexen Polygons
Calculating Contourlines	Start eines Tools zur Berechnung von Konturlinien einer Dichteverteilung

Menü 3: Habitat

Chi2-Test

Start eines Tools zur Berechnung der Testgrösse χ^2 **Menü 4: Drawing**

Ist vorgesehen zum Einbau einfacher kartographischer Tools (noch nicht implementiert)

Menü 5: Programming

&echo &on

Ermöglicht das Ein- bzw. Ausschalten der

&echo &off

Darstellung jeder Befehlszeile, welche in einer AML abgearbeitet wird und die Fehlerbehandlung (debugging) unterstützt

GAUDIS ist so aufgebaut, dass jederzeit bestehende Analysefunktionen und Menüs ergänzt oder neue Funktionen eingebaut werden können.

Kap. 5.3. und 5.4. beschreiben im folgenden die in diesen Menüs vorgestellten Analysewerkzeuge (tools). Eine Sammlung der wichtigsten AML ist in Anhang B zusammengestellt.

5.3. Implementation der Homerangeanalysen

5.3.1. Minimum-Convex-Polygon

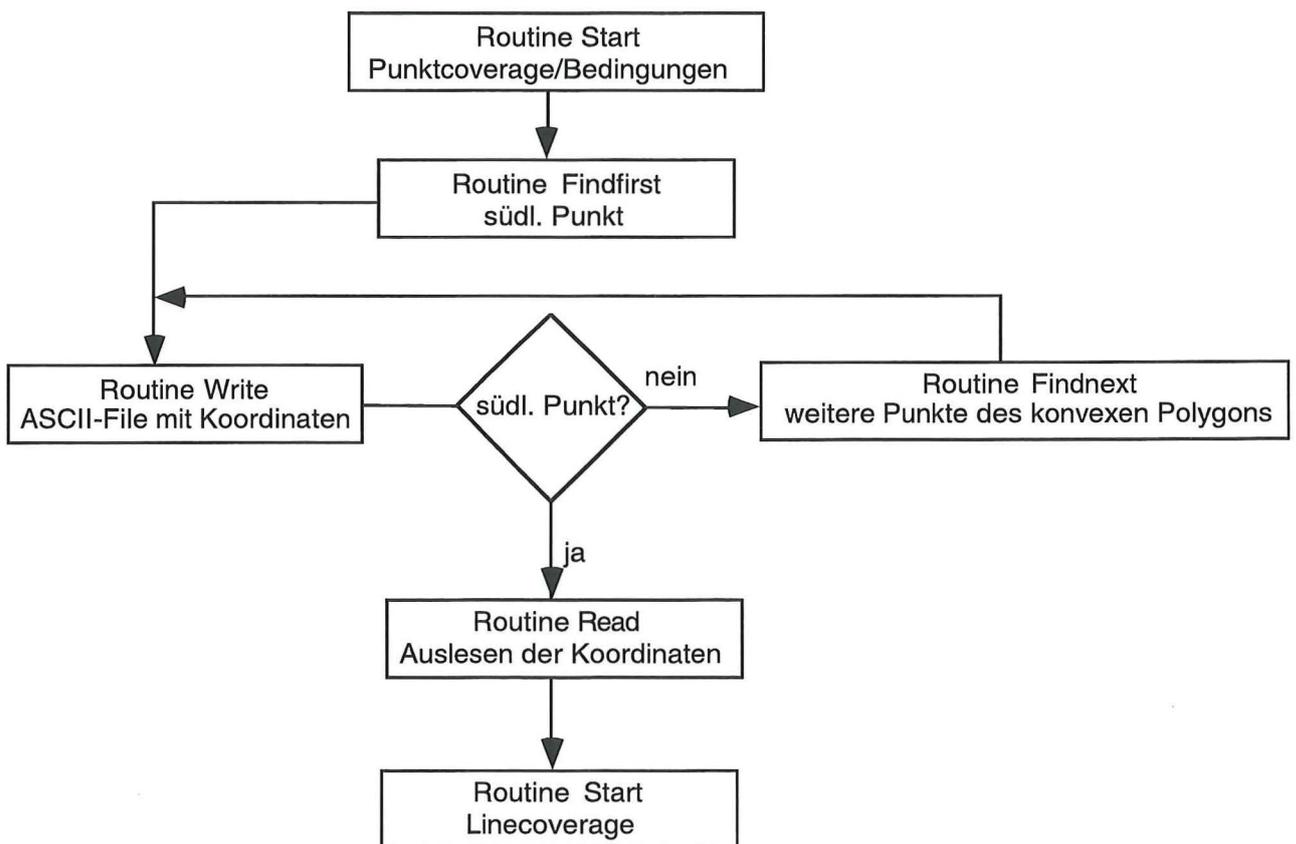
Wie in Kap. 3.2.1. beschrieben, stellt die Berechnung eines Homerange mit Hilfe des konvexen Polygons zwar keine sehr genaue, aber eine immer noch häufig benutzte Methode dar. Es erschien deshalb sinnvoll, sie in den Prototypen einzubauen, um eine Vergleichsmöglichkeit mit anderen Methoden zur Verfügung zu stellen und um die Vergleichbarkeit mit älteren Studien zu gewährleisten.

ARC/INFO stellt keinen Befehl zur Verfügung, der aus gegebenen Punkten das konvexe Polygon berechnet. Mit verschiedenen interaktiven Schritten ist die Berechnung zwar möglich, allerdings ist während diesen Schritten eine manuelle, interaktive Selektion unumgänglich. Deshalb wurde eine Lösung gesucht, welche in einem Schritt von der Punktcoverage zur Coverage mit dem konvexen Polygon führt. Basierend auf einer AML von M. Quetel vom Dept. of Environmental Resources Management in Miami, der seine AML zur Verfügung stellte¹⁵, wurde ein Tool zusammengestellt, welches in ARCEDIT läuft.

¹⁵<http://ids.net/~mquetel/mike.html>

In einem ersten Schritt wird der südlichste Punkt gesucht. Gibt es zwei Punkte mit der gleichen y-Koordinate, wird der westlichere selektiert und seine Koordinaten in ein File geschrieben. Danach wird der Punkt gesucht, welcher mit dem ersten Punkt den kleinsten Winkel zur x-Achse bildet (karthesischer Winkel). Der dritte Punkt wird gesucht, indem die Linie mit dem zweiten Punkt mit der x-Achse einen Winkel bildet, der möglichst klein, aber grösser als der erste Winkel ist. So werden alle weiteren Punkte des konvexen Polygons gesucht, bis der Ausgangspunkt wieder selektiert wird. Alle selektierten Punkte werden anschliessend in ein ASCII-File geschrieben, das benutzt wird, um eine Liniencoverage zu erstellen, welche das konvexe Polygon der Punkte darstellt.

Abb. 5 Schematische Darstellung des Programmablaufs zur Berechnung eines konvexen Polygons



5.3.2. Dichteverteilungen

Modernere Methoden zur Berechnung eines Homorange stellen Dichteverteilung dar, wo auch Aussagen zur Verteilung der Punkte innerhalb eines Homorange gemacht werden können (Kap. 3.2.3.). ARC/INFO stellt mit dem Rastermodul GRID ein Instrument zur Verfügung, welches geeignet ist, Dichteverteilungen einer Punktcoverage zu berechnen. Die Zelle im GRID erhält einen Wert zugeordnet, welcher einer Distanzfunktion zu den Beobachtungspunkten entspricht.

Mit dem TIN-Modul sind aber auch Berechnungen möglich, welche eine Verteilung, basierend auf einem Dichtewert beim Beobachtungspunkt selbst zulassen. Beide Verfahren wurden in den Prototypen integriert (Kap. 5.3.2.2.)

5.3.2.1. Dichteverteilung mit der bivariaten Normalverteilung im GRID

In Abweichung der Funktion, die in Kap. 3.2.3.2. vorgestellt wurde, werden die Dichtewerte nicht auf $0 < d < 1$ skaliert. Die Berechnung erfolgt demnach nach folgender Formel:

$$\bar{d}_{g1} = \frac{1}{h^2} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\sqrt{(x_i - x_{g1})^2 + (y_i - y_{g1})^2}}{2h^2}} \quad (7)$$

\bar{d}_{g1} = Dichtewert an der Stelle $g1$

h = Standardabweichung (vom Benutzer definiert)

n = Anzahl Beobachtungspunkte

X_i : x-Koordinate des Beobachtungspunktes i

Y_i : y-Koordinate des Beobachtungspunktes i

X_{g1} : x-Koordinate des Rasterpunktes $g1$

Y_{g1} : y-Koordinate des Rasterpunktes $g1$

Damit wurde die Möglichkeit geschaffen, Daten mit unterschiedlicher Beobachtungsdichte aufgrund des Volumens des Grids zu unterscheiden. Z. B. kann eine Dichteverteilung einer Tierart mit 500 Beobachtungen im Sommer gleich aussehen wie eine Dichteverteilung mit 200 Beobachtungen im Winter. Die Volumen der Grids werden sich aber unterscheiden, wenn die Werte nicht skaliert werden, was die Beurteilung der Dichteverteilung unterstützt.

Für den Benutzer baut GAUDIS ein Menü für folgende Eingaben auf:

- Auswahl der Punktcoverage, wobei die Möglichkeit besteht, aus dieser Coverage nur bestimmte Punkte für die Dichtematrix zu selektieren.
- Eingabe einer Korrekturcoverage als Polygoncoverage, die bewirkt, dass die Werte am Rand der Punktcoverage stärker gewichtet werden. (Diese Anwendung wurde für ein spezielles Beobachtungsverfahren von S. Imfeld benutzt.¹⁶ Die Linien dieser Polygoncoverage werden mit dem Dichtewert 1 gleich behandelt wie die Beobachtungspunkte. Dadurch wird erreicht, dass die Dichteverteilung am Rand, wo wenige Beobachtungen vorhanden sind, nicht so schnell abnimmt, in der Annahme, dass nur aufgrund des Aufnahmeverfahrens an diesen Orten wenige Beobachtungen gemacht wurden.)
- Name des neuen Grids mit der Dichteverteilung
- Zellgrösse des Grids
- Ausdehnung des Grids (Boundary). Default ist die Boundary der Punktcoverage. Je nach Wahl des Suchradius und der Standardabweichung sollte die Ausdehnung des Grids grösser sein als die der Punktcoverage, damit Randgebiete der Dichteverteilung dargestellt werden.
- Standardabweichung der bivariaten Normalverteilung: Die Standardabweichung wird als Smoothingparameter genutzt. Je grösser sie gewählt wird, desto stärker werden Punkte in grösserer Entfernung zum Netzknoten gewichtet (Kap. 7.1.3.2.).
- Suchradius: innerhalb eines Kreises mit dem eingegebenen Radius um das Zentrum der Zelle werden die Beobachtungen berücksichtigt. Der Radius beeinflusst vor allem die Aussengrenze der Dichteverteilung (Kap. 7.1.3.2.).

Mit dem Button "Calculate" wird die Berechnung der Zellwerte, basierend auf der bivariaten Normalverteilung, gestartet. Die x- und y-Koordinaten der Punktcoverage mit den Beobachtungen werden in ein ASCII-File geschrieben. In einem C-Programm, das von S. Imfeld implementiert wurde, werden die Dichtewerte der Koordinaten der einzelnen Zellen gemäss der Formel 7 berechnet. Die Berechnung könnte auch in einer AML erfolgen, allerdings erfolgt sie mit Hilfe eines Programms in C viel schneller. Aus einem ASCII-File mit den Koordinaten der Zellzentren und den entsprechenden Dichtewerten wird ein Grid berechnet, welches die Dichteverteilung wiedergibt.

¹⁶Imfeld S., Tages- und jahreszeitliche Verteilungsmuster des Rehs (*C. Capreolus*) im Gebiet Sihlwald, Diplomarbeit an der Abteilung für Ethologie und Wildforschung der Universität Zürich, 1996

Abb. 6 Menü zur Eingabe der Parameter für die Berechnung der bivariaten Normalverteilung im Grid

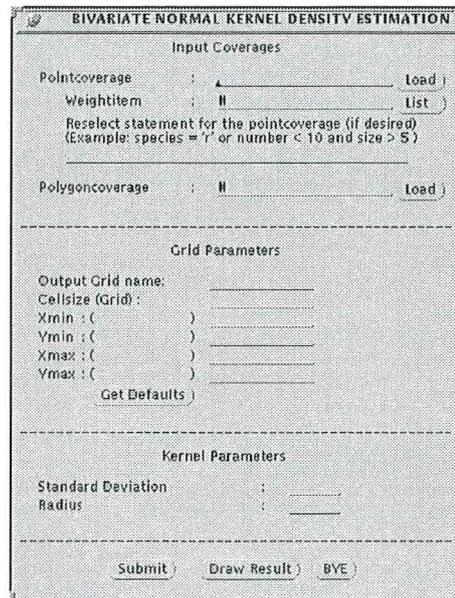
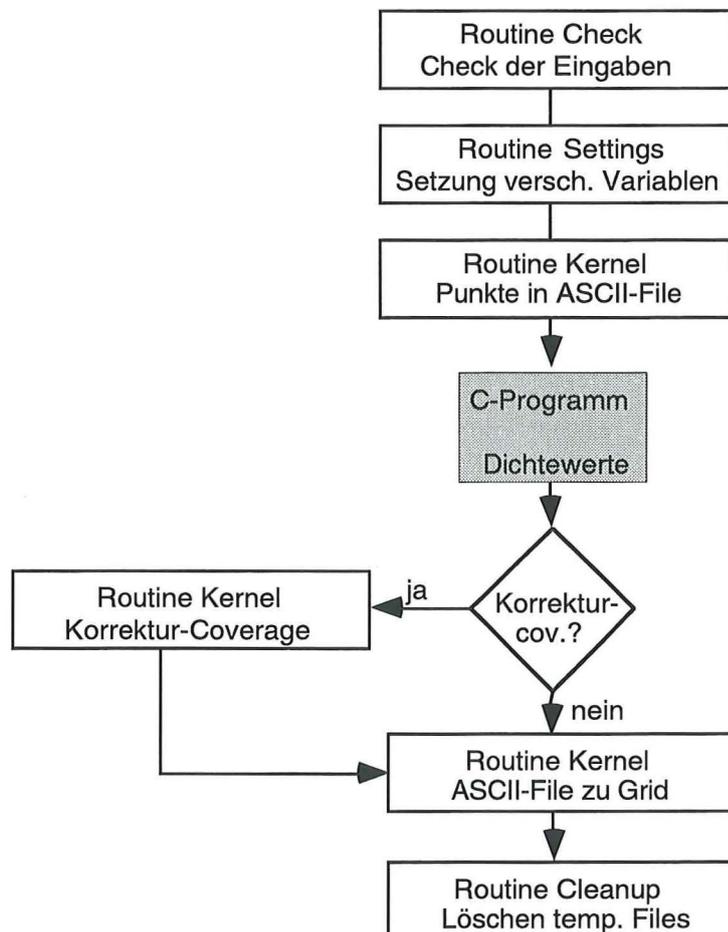


Abb. 7 Schematische Darstellung des Programmablaufs zur Berechnung einer Dichteverteilung mit der bivariaten Normalverteilung im GRID



5.3.2.2. Dichteverteilungen mit TIN

Dichteverteilungen mit überlagerten Netzen verlangen vom Benutzer eine Definition der Zellengrösse, die das Verteilungsmuster beeinflusst. Deshalb wurde in GAUDIS ein Tool implementiert, welches einen Dichtewert beim Beobachtungspunkt selbst berechnet und danach ein TIN als Dichtematrix erstellt. Die Beobachtungspunkte werden in ARC/INFO zu einem TIN verknüpft, in welchem der Variablenwert am Maschenpunkt dem Dichtewert entspricht. Zur Berechnung des Dichtewerts wurden neben der bivariaten Normalverteilung (Kap. 3.2.3.2.) und der Methode des harmonischen Mittels (Kap. 3.2.3.1.) auch die Berechnung eines Dichtewerts mit einer linearen Funktion integriert. Dabei wird der Dichtewert beim Beobachtungspunkt nach folgender Formel berechnet:

$$\bar{d}_{x_i, y_i} = \sum_{j=1}^n \frac{r-x}{r} \quad (8)$$

\bar{d}_{x_i, y_i} = Dichtewert beim Beobachtungspunkt mit den Koordinaten x_i, y_i
 n = Anzahl Beobachtungspunkte innerhalb des Suchradius
 r = Suchradius
 x = Distanz zwischen Beobachtungspunkt (P_i) und einem Nachbarpunkt (P_j)

Damit besteht die Möglichkeit, verschiedene Funktionen der Dichteverteilung miteinander zu vergleichen. Welche der Funktionen die "richtige" für eine Tierart ist, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht ermittelt werden. Auch zahlreiche Gespräche mit Zoologen schufen keine Klarheit. Einen ersten Hinweis zur Lösung dieses Problems liefert Worton (1995) mit der Monte-Carlo-Simulation.¹⁷

Für die Berechnung einer TIN-Dichteverteilung wird dem Benutzer erneut ein Menü zur Verfügung gestellt. Er wählt die Punktcoverage mit den Beobachtungen aus und definiert ein Item, in welches der Dichtewert am Punkt i geschrieben werden soll. Den Suchradius benötigt jede Methode zur Berechnung des Dichtewerts, während die Standardabweichung nur bei der bivariaten Normalverteilung eingegeben werden muss. Auch bei der Berechnung der Dichtewerte mit TIN sind die Parameter Suchradius und Standardabweichung durch den Benutzer definiert.

¹⁷Worton B. J., Using Monte Carlo simulation to evaluate kernel-based home range estimators, J. Wildl. Manag. 59(4), 1995, p. 794 - 800

Abb. 8 Menü zur Eingabe der Parameter für die Berechnung der bivariaten Normalverteilung im TIN

Kernel Estimations

DENSITY ESTIMATION ROUTINE
USING THE POINTS AS MATRIX

General Inputs

Pointcoverage: _____ (Load)

Itemname,
the z-Values will be written

Searchradius : _____

Bivariate Normal Density Estimation

Standard Devlation : _____

(DIXON-CHAPMAN) (LINEAR) (BIVARIATE)

Create a Density-Lattice

Pointcoverage: _____

z-Valueitem: _____ (Load)

Output_lattice name: _____

Latticepoints: _____

Calculates "Density - Values"

Optional Use of a Boundary, calculated
by a buffer around the observation points
within the searchradius

(CALCULATE...)

Draw Results

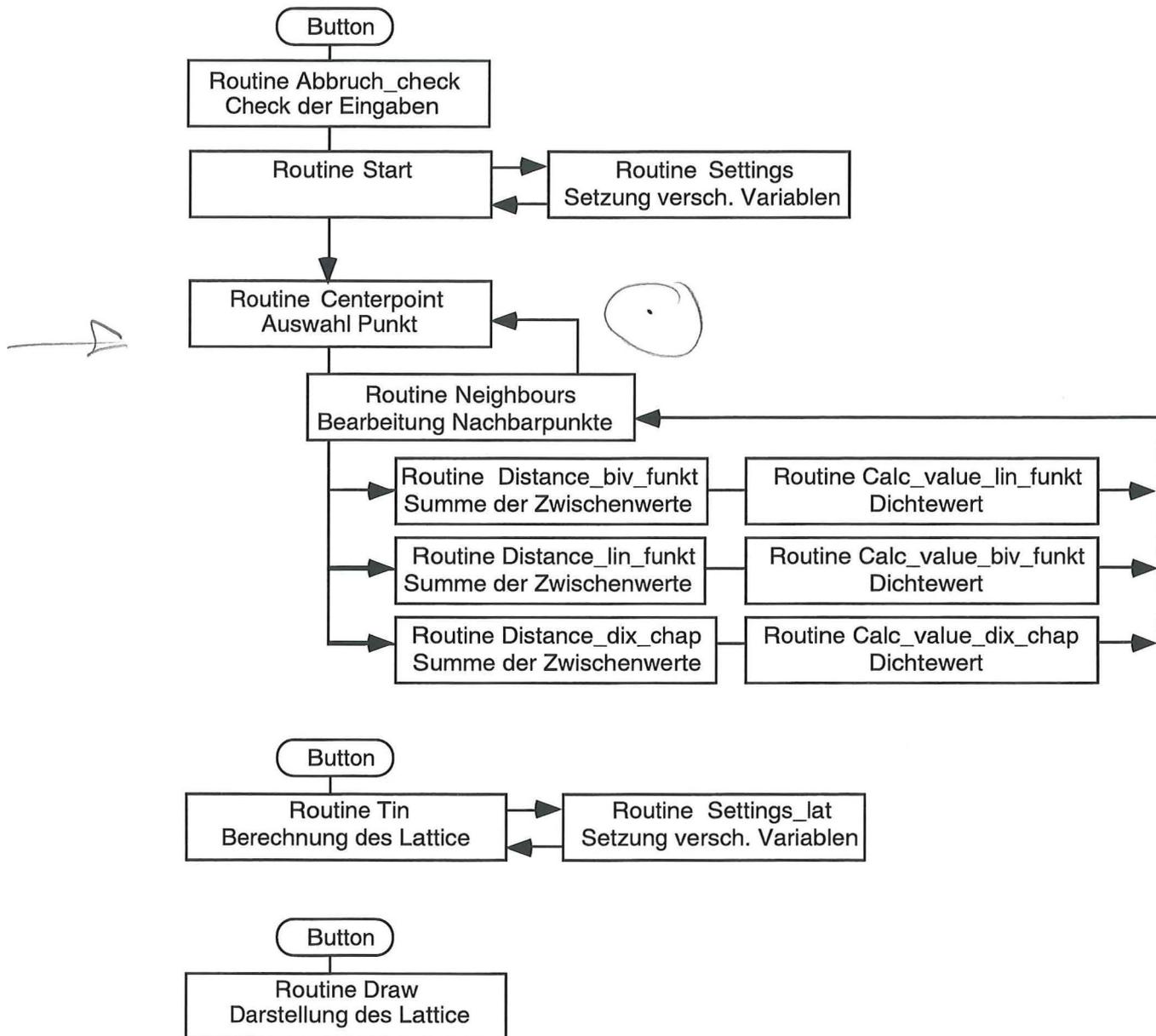
Output_lattice name: _____ (DRAW...)

(Cancel) (Help)

Mit dem entsprechenden Button (siehe Abb. 9) wählt der Benutzer die Methode zur Berechnung des Dichtewertes. Wenn dieser Prozess abgeschlossen ist, oder wenn bereits ein Punktcoverage mit einem Dichtewert besteht, kann ein TIN von Dichtewerten berechnet werden. Damit ein einfacher visueller Vergleich mit einer im GRID berechneten Dichteverteilung möglich ist, wird das TIN in eine Lattice umgewandelt. Bei der Berechnung des TIN kann optional ein Puffer mit dem Suchradius angegeben werden. Ausserhalb dieser Grenze werden die Werte des Lattice auf den Wert 0 gesetzt. Wird der Puffer nicht gewählt, wird die Aussengrenze des TIN als Aussengrenze der Dichteverteilung angenommen, was dem konvexen Polygon entspricht.

Ist die Berechnung des Lattice abgeschlossen, kann der Benutzer das neu berechnete Grid darstellen.

Abb. 9 Schematische Darstellung des Programmablaufs zur Berechnung einer Dichteverteilung mit TIN



5.3.3. Berechnung von Konturlinien in Dichteverteilungen

Zur Beschreibung eines Homerange genügt die Dichteverteilung meistens noch nicht. Zum Vergleich von Homerangeflächen oder zur Weiterbearbeitung der Homeranges in Habitatanalysen werden Konturlinien benötigt, welche das Homerange in Zonen grösserer und kleinerer Aufenthaltsdichten einteilen. Zur Schätzung des ganzen Homerange wird häufig eine Isolinie berechnet, welche

95% des Dichtevolumens umfasst. Zur Beschreibung von Kernzonen sollten aber auch andere Anteile des Dichtevolumens berechnet werden können. ARC/INFO stellt mit dem Befehl *latticecontour* einen Befehl zur Verfügung, der Isolinien eines Grids oder eines Lattices berechnet. Allerdings ist der Befehl auf die Berechnung von Höhenlinien ausgelegt und berechnet Höhenlinien von einer Basishöhe mit regelmässigen Äquidistanzen. Das in GAUDIS implementierte Tool nützt den Befehl *latticecontour*, berechnet aber in einem ersten Schritt den Wert der Basislinie. Die entstehende Höhenlinie wird in eine neue Liniencoverage geschrieben.

In einem ersten Schritt werden die Zellen ermittelt, welche in maximaler Anzahl 100 Prozent minus das gewünschte Volumen in Prozent umfassen (z. B. $x = 100\% - 95\%$). Dabei wird die Tatsache genutzt, dass Tabellen in ARC/INFO aufsteigend sortiert sind. Der Wert s beschreibt dabei das Volumen an der Stelle m , das minimal grösser ist als das gesuchte Volumen x .

$$s = \sum_{i=1}^m \frac{v_i}{v_{\text{tot}} * 100} \quad 1 < m < n, \text{ sodass } s \geq x \quad (9)$$

s : gesuchter Wert $> x$

x : 100% - Gewünschte Basislinie (z. B. 95%)

v_i : Volumen des Wertes i

v_{tot} : Volumen des Grid

m : Anzahl Werte $> 0 > n$, welche nötig sind, dass $s \geq x$ ist

n : Anzahl Werte, die im Grid vorhanden sind

In einem zweiten Schritt wird zwischen dem Wert m und dem Wert $m-1$ linear interpoliert, um eine Annäherung an den effektiv gewünschten Wert zu erhalten. Der interpolierte Wert x , der zur Bildung der Isolinie angenommen wird, berechnet sich mit

$$x = \frac{(p - p_{(m-1)})}{p_m - p_{(m-1)}} * (m - (m-1)) + (m-1) \quad (10)$$

x : interpolierter Wert, der zur Interpolation der Konturlinie verwendet wird

p : 100% - gewünschte Basislinie (z. B. 95%)

p_m : Volumenprozent an der Stelle m

p_{m-1} : Volumenprozent an der Stelle $m-1$

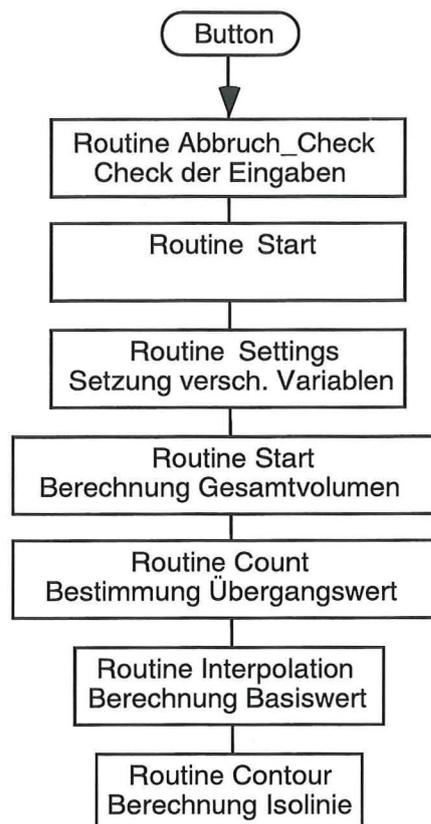
m : Zellwert an der Stelle m

$m-1$: Zellwert an der Stelle $m-1$

Bei dieser Berechnung wird angenommen, dass das Volumen zwischen dem Wert $m-1$ und m linear zunimmt, was in Wirklichkeit kaum der Fall sein dürfte.

Wenn der Basiswert (x) bestimmt ist, wird die Isolinie mit *Latticecontour* berechnet. Für die Linienglättung wird dabei der Generalisierungsalgorithmus von Douglas und Peucker angewendet.¹⁸

Abb. 10 Schematische Darstellung des Programmablaufs zur Interpolation einer Isolinie



5.3.4. Tool zur Betrachtung von Daten in Raum und Zeit

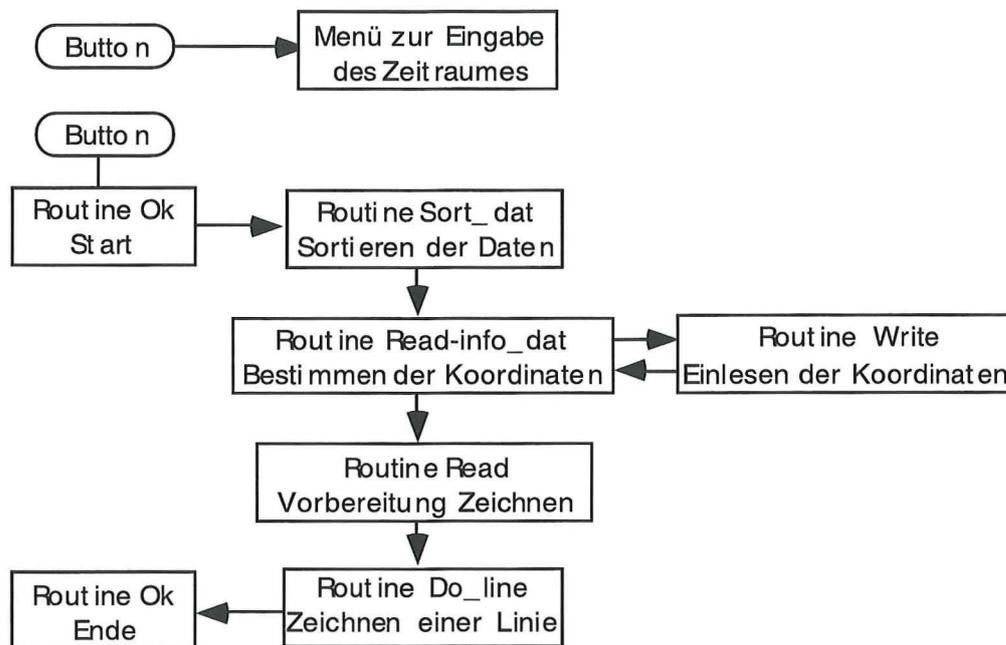
Betrachtungen von Raum und Zeit als Animation sind in der Regel in einem GIS noch nicht vorgesehen. Für die Wildforschung ist aber von Interesse, wann ein Tier an einem bestimmten Ort beobachtet wurde und vor allem, welche Struktur seine Bewegungen aufweist.

Um einen Überblick über die Bewegungen der einzelnen Tiere zu erhalten, wurde ein Tool entwickelt, welches dem Benutzer ermöglicht, Daten eines Tieres in einem bestimmten Zeitraum auszuwählen. Danach wird auf dem Bildschirm in einer Animation der Weg des Tieres nachgezeichnet (Kap. 7.4.2.).

¹⁸Environmental Systems Research Institute Inc., ArcDoc Version 7.0, 1995

Nach der Eingabe der Punktcoverage mit den Beobachtungsdaten eines Tieres kann der Benutzer einen Zeitraum angeben, innerhalb dessen die Standorte nachgezeichnet werden sollen. Im Datensatz des Bartgeier-Monitorings ist das Datum mit den drei Items TAG, MONAT und JAHR festgelegt. Mit Hilfe eines Menüs werden die Daten des bezeichneten Files ausgewählt und im ARC/INFO-Modul TABLES sortiert. Die Koordinaten der ausgewählten Punkte werden in ein ASCII-File geschrieben. Diese Koordinaten werden nachher für den ARCPLOT-Befehl *line* genutzt, der Linien in der sortierten Reihenfolge aufbaut.

Abb. 11 Schematische Darstellung des Programmablaufs der Betrachtung von Daten in Raum und Zeit



5.4. Habitatanalysen

Die Fülle von Habitatanalysen in der Wildforschung ist unüberblickbar. Beinahe jede Untersuchung entwickelt eine eigene Methode oder beschreibt zumindest eine Variante einer bestehenden. Dies führte dazu, dass keine Auswahl von Methoden wie bei der Homerangeanalyse implementiert werden konnte. Als Beispiel einer Präferenz-Analyse wurde der χ^2 -Test in GAUDIS aufgenommen. Er ermöglicht einen Übergang von der Homerangeanalyse zu einer multivariaten Analyse, indem er die Homerangefläche mit Flächen eines Habitattyps vergleicht. Multivariate Analysen wurden keine in GAUDIS implementiert, da sie tierartspezifisch sind. Sollte eine multivariate Analyse in eine Applikation

aufgenommen werden, so muss dies im Rahmen eines grösseren Projektes geschehen, wo es sich lohnt, die Analyse so aufzubauen, dass die einzelnen Faktoren menügestützt variiert werden können. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde nur eine Ansatz einer multivariaten Analyse für Bartgeier durchgeführt (Kap. 7.5.). Dies geschah mit einer interaktiven Befehlseingabe.

5.4.1. χ^2 -Test

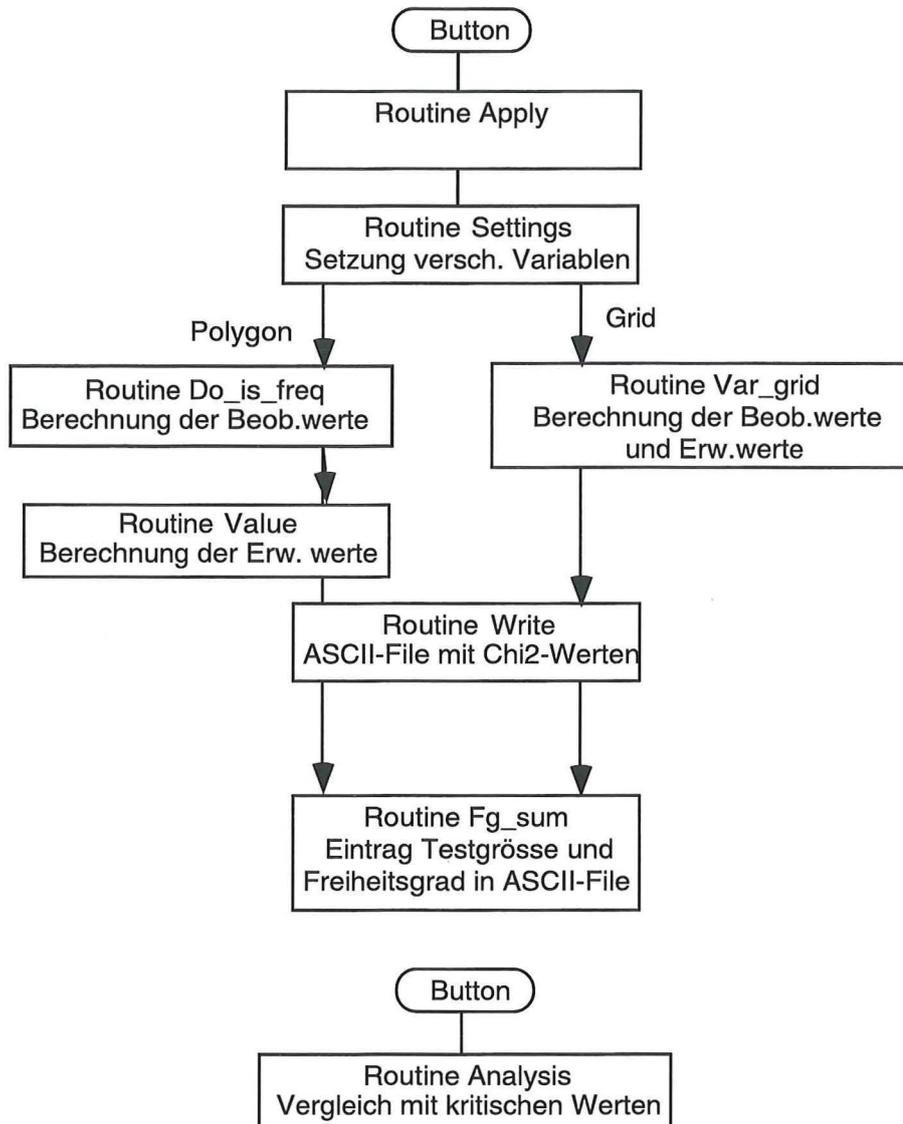
Zur Durchführung von Habitatanalysen wurde ein χ^2 -Test implementiert. Für eine spätere multivariate Analyse im GIS können mit der Präferenzanalyse die bestimmenden Faktoren festgestellt werden. Es ist möglich, den eigentlichen χ^2 -Test in einem speziellen Statistikprogramm zu berechnen, wenn Erwartungswert und Beobachtungswert bestimmt sind. Nur stellt der Rechnungsaufwand für den eigentlichen Test auch in ARC/INFO den kleineren Teil der Arbeit dar. Mehr Operationen sind nötig, um die entsprechenden Werte zu bestimmen.

Dem Benutzer wird ein Menü zur Verfügung gestellt, wo er eine Punktcoverage, welche einzelne Beobachtungen enthält und eine Polygoncoverage oder ein Grid mit den Sachattributen (z. Bsp. dem Vegetationstyp) auswählen kann. Die Grunddaten (Polygoncoverage oder Grid) müssen bereits vorliegen. Zudem muss im Menü ein Name für ein ASCII-File angegeben werden, in welches die Daten geschrieben werden sollen.

Bei der Option Polygoncoverage wird ein Point-in-Polygon-Test zwischen der Punktcoverage und Polygoncoverage durchgeführt (ARC/INFO-Befehl *intersect* Option *point*). Die entstehende neue Coverage enthält die Punkte mit den Beobachtungen und der Information, in welchem Habitattyp sie liegen. Danach wird die Anzahl der Punkte pro Habitattyp bestimmt, was dem Beobachtungswert für einen Habitattyp entspricht (ARC/INFO-Befehl *frequency*). Der Erwartungswert (E) für einen Habitattyp (i) bestimmt sich durch die Formel:

$$E_i = \frac{a_i}{a_t} * n_i \quad (11)$$

E_i: Erwartungswert für den Habitattyp i
a_i: Fläche des Habitattyps i
a_t: Gesamtfläche
n_i: Anzahl Beobachtungen im Habitattyp i

Abb. 12 Schematische Darstellung des Programmablaufs beim χ^2 -Test

Die Anteile eines Habitattyps an der Gesamtfläche können mit dem ARC/INFO-Befehl *frequency* bestimmt werden.

Wenn Erwartungswert und Beobachtungswert bestimmt sind, kann die Berechnung der Testgrösse χ^2 für den Habitattyp *i* erfolgen.

Wird die Option Grid gewählt, ist das Verfahren ähnlich: Der Punktcoverage mit den Beobachtungsdaten wird ein zusätzliches Attribut beigefügt, das den Zellwert enthält, in dessen Bereich sich der Punkt befindet. Dies geschieht mit einer AML, basierend auf einem Vorschlag von Eric Pyle von ESRI, welche die Funktion

cellvalue im GRID nutzt.¹⁹ Die Bestimmung des Beobachtungswerts erfolgt analog zur Variante mit der Polygoncoverage. Der Erwartungswert (E) für den Habitattyp (i) wird mit der folgenden Formel bestimmt:

$$E_i = \frac{v_{\text{count}}}{v_{\text{tot}}} * n_i \quad (12)$$

v_{count} : Anzahl Zellen Habitattyps i

v_{tot} : Anzahl Zellen

n_i : Anzahl Beobachtungen

Wenn die Berechnung der Werte abgeschlossen ist, kann der Benutzer eine Analyse anfügen. Die Testgrösse wird mit den kritischen Werten von 0.1, 0.02, 0.01 und 0.001 verglichen.²⁰ Ist der Testwert kleiner als die kritischen Werte des entsprechenden Signifikanzniveaus, sind die Beobachtungen proportional zu den Flächenanteilen der Habitattypen verteilt, andernfalls besteht eine Präferenz auf einen Habitattyp.

¹⁹<http://esri.com>

²⁰Storrer H. H., Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 1990

6. Daten

6.1. Datentypen eines GIS

Daten in einem Geographischen Informationssystem stehen grundsätzlich in Bezug zu einem geometrischen Ort. Sollen Daten aus der Wildforschung in ein GIS übernommen werden, muss die Beobachtung eines Tieres einen eindeutigen räumlichen Bezug aufweisen. Bei den meisten Daten, die in der Wildforschung aufgenommen werden, ist dies der Fall. Einer Beobachtung zu einem gewissen Zeitpunkt an einem gewissen Ort, werden - falls möglich - weitere beschreibende Attribute zugeordnet. Tab. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Steinbockdatensatz, der in ARC/INFO verwaltet und bearbeitet wurde. X-KOORD und Y-KOORD enthalten die x- bzw. y-Koordinate des Beobachtungspunktes im schweizerischen Koordinatensystem. AREA (Fläche) und PERIMETER (Umfang) enthalten alle die Werte 0, da es sich bei diesem Datensatz ausschliesslich um Punkte handelt. OV15# und OV15-ID sind Items, welche ARC/INFO zur internen Organisation seiner Tabellen verwendet. Z-WERT enthält einen Homerange-Dichtewert (Kap. 5.3.2.2.), der dem Datensatz während einer Analyse in ARC/INFO für jede Beobachtung hinzugefügt wurde.

Tab. 1 Ausschnitt aus einem Datensatz mit Steinbockbeobachtungen

X-KOORD	Y-KOORD	AREA	PERIMETER	OV15#	OV15-ID	Z-WERT
801400	165620	0	0	1	1	1.04260265
803150	166000	0	0	2	2	0.34626194
801000	166000	0	0	3	3	1.01266189
801480	165820	0	0	4	4	1.07863228
801150	165900	0	0	5	5	1.05844088

Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Datenstrukturen in einem GIS:

- **Vektordaten** bestehen aus den geometrischen Grundelementen Punkt, Linie und Polygon, welche beim Aufbau einer Topologie miteinander in Beziehung gesetzt werden. Der oben beschriebene Steinbockdatensatz stellt einen Punktdatensatz dar.
- **Rasterdaten** beschreiben eine Oberfläche kontinuierlich. Die Oberfläche wird in Zellen mit einer definierten Grösse aufgeteilt. Den Zellen wird ein Wert zugeordnet, welcher die Oberfläche beschreibt. In der Wildforschung kann diese Datenstruktur bei Dichteverteilungen (Kap. 5.3.2.1.) und bei der Beschreibung des Habitats verwendet werden, wo jeder Zelle mit Hilfe des Habitat Suitability Index ein Eignungswert zugeordnet werden kann (Kap. 7.5.).

Abb. 13 zeigt, wie Rasterdaten in ARC/INFO verwaltet werden. Jeder Zelle wird ein Wert (VALUE) zugeordnet, der eine bestimmte Bedeutung repräsentiert. Das Attribut COUNT gibt die Anzahl jedes Wertes in einem GRID an.

Sollen Dateien ohne topologische Veränderungen in einem GIS bearbeitet werden, kann dies in Tabellen geschehen, die ARC/INFO neben den eigentlichen Dateien, welche die Struktur der Coverages und der Grids verwalten, zur Verfügung stellt (z. B. ASCH_11.VAT).

Abb. 13 Schematisches Beispiel eines Rasterdatensatzes in ARC/INFO

1	3	4	4
2	1	3	3
2	2	1	3
2	2	1	4

ASCH_11.VAT	
VALUE	COUNT
1	4
2	5
3	4
4	3

6.2. Datensätze von Tierbeobachtungen

Da es bei dieser Diplomarbeit um die Entwicklung von Analyseinstrumenten in Geographischen Informationssystemen für die Wildforschung ging, hätte es zu weit geführt, die verwendeten Daten selbst zu erfassen. Es wurden deshalb Daten verwendet, die von verschiedenen Institutionen und Privatpersonen zur Verfügung gestellt wurden. Allerdings setzt die Verwendung "fremder" Daten die genaue Kenntnis der Art der Datenaufnahme und der -verifikation voraus (Kap.. 6.3.).

6.2.1. Daten des Bartgeier-Monitorings

Seit 1991 läuft ein Projekt zur Wiederansiedlung des Bartgeiers (*Gypaetus barbatus*) in der Schweiz. Eine der Auflagen zur Bewilligung des Projekts war, dass die Aussetzung wissenschaftlich begleitet wird. Es wurde deshalb ein Monitoring-Programm aufgebaut, das die Entwicklung der Bartgeierpopulation in der Schweiz beobachten soll. Im Mai 1995 wurde der Eidg. Forstdirektion ein erster detaillierter Auswertungsbericht vorgelegt.²¹

²¹Robin K., Filli F., Allgöwer B., Haller R., Schweizerisches Bartgeiermonitoring
Auswertung der Beobachtungsdaten, 1991-1994, 1995

Für die Datenerfassung "wurde von der Gesellschaft zur Wiederansiedlung des Bartgeiers (GWB) anfangs 1991 eine Postkarte verteilt, welche den Beobachtungsort, die Markierung und Angaben zum Verhalten erfasst. Touristen, Einheimische, das Alppersonal, Jäger - kurz, die ganze Bevölkerung - sind angesprochen, Bartgeierbeobachtungen mittels dieser Karten zu melden oder auch mündlich mitzuteilen"²². Sammelstellen befinden sich im Schweizerischen Nationalpark, der Schweizerischen Vogelwarte Sempach und bei Dr. Raphael Arlettaz in Martigny (VS). Hier werden die Daten digital erfasst und verifiziert. Bei vermuteten Autokorrelationen und Falschmeldungen wird bei den Meldern nachgefragt.

Vom Juni 1991 bis Februar 1995 wurden auf diese Weise 1712 verifizierte Beobachtungen gesammelt. Es handelt sich dabei um Punktdaten, welche mit x- und y-Koordinaten räumlich eindeutig zugeordnet sind. Die dazugehörenden Attribute wurden in den Datenbankteil INFO von ARC/INFO übernommen und verwaltet. Sie bilden die Basis für die Berechnungen der Homeranges mit den verschiedenen Methoden, welche im Rahmen dieser Diplomarbeit vorgenommen wurden.

Sobald sich die Tiere vom Kunsthorst entfernen, wo sie sowohl pflegerisch wie wissenschaftlich begleitet werden²³, zeigt diese Art eines Monitoringsystems grosse Mängel. Zwar ist es zu begrüßen, dass die ganze Bevölkerung in ein wissenschaftliches Projekt miteinbezogen wird, doch lassen sich mit diesen Daten kaum wissenschaftliche Aussagen zur Verteilung der Bartgeier machen, da die Daten stark von der Anzahl der Beobachter in bestimmten, von Bartgeiern aber nicht häufiger besuchten Gebieten und der Jahreszeit abhängen dürften.

6.2.2. Steinadlerdaten

Bei den Steinadlerdaten handelt es sich um Tagespeilungen telemetriertes unverpaarter Steinadler (*Aquila chrysaetos*) im Kanton Graubünden und Umgebung. Sie wurden von Dr. Heinrich Haller, Konservator des Naturhistorischen Museums St. Gallen, zur Verfügung gestellt. Die 142 Beobachtungen der Jahre

²²Robin K., Filli F., Allgöwer B., Haller R., Schweizerisches Bartgeiermonitoring
Auswertung der Beobachtungsdaten, 1991-1994, 1995

²³Schmid J., Aspekte der Verhaltensentwicklung junger, wiederangesiedelter Bartgeier (*Gypaetus barbatus* L.) im Schweizerischen Nationalpark, 1995

1989 -1993 konnten in digitaler Form ins ARC/INFO übernommen werden, die total 121 Beobachtungen der Jahre 1980 - 1982 bzw. 1989 - 1993 wurden ab zwei Kartenblättern im Massstab 1 : 100'000 digitalisiert. Attribute, welche Aufschluss über das Verhalten der Tiere geben, sind keine ins ARC/INFO übernommen worden (Kap. 7.3.).

6.2.3. Steinbockdaten

Die Daten der Steinböcke (*Capra ibex*) wurden im Rahmen der Diplomarbeit von Natalie Rochat in der Abteilung Ethologie und Wildforschung der Universität Zürich gesammelt und sind Teil des "Steinbockprojekt Albris/SNP", welches 1992 vom Bund, dem Kanton Graubünden und dem Schweizerischen Nationalpark lanciert wurden. Ziel des Projektes ist die Dokumentation der Probleme, welche im Zusammenhang mit einer Überpopulation auftreten.²⁴

Bei der Diplomarbeit von Natalie Rochat wurden die Homerranges einzelner Individuen gemessen (Kap. 7.1). Beobachtet wurden insgesamt 19 Tiere im Gebiet Val Trupchun und des Müschauns im Schweizerischen Nationalpark. Fünf Tiere waren mit einem Sender ausgerüstet und konnten mit Hilfe der Telemetrie lokalisiert werden. Um die Beobachtung eindeutig belegen zu können, sind im Gebirge aber visuelle Beobachtungen nötig, da in der Telemetrie wegen des Reliefs Funkschatten und Reflexionen auftreten können. Die Telemetrie kann im Gebirge häufig nur unterstützend eingesetzt werden. Verhaltensattribute konnten aufgrund der Datenerhebungsmethode nicht aufgenommen werden.

²⁴Rochat N., Bouquetin des alpes (*Capra ibex* L.): Niche spatio temporelle dans le parc national suisse (GR), 1994

Tab. 2 Alter, Geschlecht und Anzahl Beobachtungen der einzelnen Tiere der Steinbockdatei

Tiere mit Sender								
Steinbock - Nr.	13	15	1	2	23			
Geburtsjahr	1985	1984	1987	1988	1989			
Geschlecht	f	f	m	m	m			
Anzahl Beobachtungen	60	109	78	91	57			
Tiere mit Sichtmarken								
Steinbock -Nr.	35	38	50	4	5	166	167	172
Geburtsjahr	1985	1982	1984	1988	1987	1988	1985	1986
Geschlecht	f	f	f	m	m	m	m	m
Anzahl Beobachtungen	73	84	64	56	56	19	17	16
Steinbock -Nr.	173	176	178	179	182	185		
Geburtsjahr	1985	1982	1981	1981	1984	1988		
Geschlecht	m	m	m	m	m	m		
Anzahl Beobachtungen	48	66	19	66	29	40		

6.3. Anforderungen an Wildforschungsdaten zur Aufnahme und Analyse in einem GIS

Tierbeobachtungsdaten aus der Wildforschung stellen eine klassische Form eines GIS-Datentyps dar, wo der Raumbezug das verbindende Element darstellt. Meistens beschreiben diese Beobachtungen an einem mit Hilfe von Koordinaten definierten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Verhalten. "Die Geometrie von räumlichen Objekten wird durch die Form und relative Lage eindeutig beschrieben."²⁵ Die Sachdaten oder Attribute werden in einem GIS gemeinsam mit den Geometriedaten verwaltet und bietet damit der Wildforschung die Möglichkeit, ihre bisherige Grundstruktur der Datenerfassung beizubehalten. Die Erfahrung im Rahmen dieser Diplomarbeit zeigt allerdings, dass es von grossem Vorteil ist, wenn der Einsatz eines GIS schon vor der Datenaufnahme im Feld geplant wird. Zu analysieren sind drei Bereiche:

1. Einsatz eines GIS

- Kann ein GIS Lösungsansätze zu den Fragestellungen bieten, welche beantwortet werden sollen?

²⁵Bill R., Fritsch D., Grundlagen der Geo-Informationssysteme, 1991, S. 21

- Gibt es Analysemöglichkeiten im GIS, welche bei einer geeigneten Datenaufnahme zu Resultaten führen, welche bisher noch nicht in Betracht gezogen wurden? Ein Beispiel dafür ist die zeitliche Auflösung, welche bei einer regelmässigen Datenaufnahme die Analyse der Raum-Zeit-Struktur im GIS ermöglicht.
- Sind für das Forschungsgebiet bereits digitale Datensätze vorhanden, welche die Analyse unterstützen können oder müssten für den sinnvollen Einsatz des GIS auch Standortfaktoren aufgenommen werden? Als Beispiele seien hier das Geländemodell, eine Vegetationskarte oder die Geologie aufgeführt.

2. Technische Voraussetzungen

- Welche Bedingungen stellt ein GIS an die Datenaufnahme? Um ein GIS sinnvoll einsetzen zu können, sollten Attribute zu den Beobachtungen möglichst in codierter und nicht in beschreibender Form aufgenommen werden. Wie in Kap. 6.1. ausgeführt, gehört zu jeder Beobachtung eine eindeutige Lokalisation in Form eines Punktes, einer Linie oder einer Fläche. Die Lagegenauigkeit hängt von der Erfassungsmethode im Feld und der Aufnahmemethode ins GIS ab und müsste vor der Analyse dokumentiert werden.
- Wie werden die Daten ins GIS übertragen? Bei den verwendeten Beispieldateien erfolgte die Aufnahme ins ARC/INFO in Form eines ASCII oder DBASE-Files.

3. Zeitaufwand und Hilfestellung

- Welcher Zeitaufwand muss betrieben werden, um sich in GIS einzuarbeiten und die notwendigen Analysen durchzuführen?
- Wer kann beim GIS Unterstützung bieten?

Der Einsatz eines GIS ist nur dann sinnvoll, wenn das Instrument GIS auch in allen seinen Bereichen verwendet werden soll. Die Datenverwaltung allein ist auch in anderen Datenbanken möglich, die Herstellung von Karten und Graphiken in vielen kartographisch orientierten Systemen einfacher. Nur wenn auch die Möglichkeiten zur Analyse genutzt werden sollen, ist der Einsatz eines GIS zu befürworten.

Grosse Beachtung sollte auch der Datenverifikation geschenkt werden. Die Inhaltsgenauigkeit, das heisst die Frage nach der Gültigkeit und der Repräsentanz einer Beobachtung hinsichtlich ihrer Attribute, kann in einem GIS nur teilweise über Nachbarschaftsbeziehungen in Raum und Zeit belegt werden. Daten der Wildforschung sollten vor der Überführung in ein GIS und generell vor der

Verarbeitung hinsichtlich Autokorrelationen bearbeitet werden. Für grosse statistische Auswertungen der Daten sind die meisten GIS ebenfalls (noch) nicht ausgerüstet. Erfahrungen im Rahmen dieser Diplomarbeit haben gezeigt, dass ein schlechter Datenbestand die Analyse erschwert und eindeutige Interpretationen kaum zulässt (Kap. 7.4.).

6.4. Benutzte Geographische Datensätze

6.4.1. Geländemodell RIMINI

Vom Geländemodell RIMINI mit einer Auflösung von 250 Metern x 250 Metern des Bundesamtes für Landestopographie können Expositionen, Hangneigung und Höhenstufen abgeleitet werden. Diese Parameter dienen zur Beschreibung der Habitate von Steinadlern und Bartgeiern. Dazu wurde das Geländemodell, welches in ARC/INFO schattiert wurde, bei einigen Darstellungen als Hintergrund verwendet.

6.4.2. Basisdatensatz des GIS-SNP

Das GIS des Schweizerischen Nationalparks, welches seit 1992 am Geographischen Institut der Universität Zürich aufgebaut wird, enthält verschiedene sogenannte Basisdatensätze.²⁶ Diese Basisdaten stehen den Benutzern des GIS-SNP für ihre Arbeiten im Zusammenhang mit dem Park zur Verfügung. Für die Analyse der Steinbockdaten wurden das digitale Geländemodell des GIS-SNP mit einer Auflösung von 20 x 20 Metern und die Vegetationskarte (1:50'000), welche auf der Basis der Vegetationskarte von Zoller²⁷ digitalisiert wurde, genutzt.

²⁶Allgöwer B., Bitter P., Konzeptstudie zum Aufbau eines Geographischen Informationssystems für den Schweizerischen Nationalpark (GIS-SNP), Arbeitsberichte zur Nationalparkforschung, 1992

²⁷Zoller H., Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks und seiner Umgebung, herausgegeben von der Kommission für die Erforschung des Nationalparks der Schweizerischen Akademie der Wissenschaften, 1992

6.4.3. Schweizerische Arealstatistik

Die Schweizerische Arealstatistik von 1979/85 des Bundesamtes für Statistik gibt Auskunft über die verschiedenen Landnutzungsklassen und wird für die multivariate Analyse des potentiellen Habitats der Bartgeier verwendet (Kap. 7.5). Sie beinhaltet 69 Grundkategorien und hat eine Auflösung von 100 x 100 Metern (Anhang A).

7. Ergebnisse von GAUDIS

Im Rahmen dieser Diplomarbeit sind von verschiedener Seite aus der Wildforschung Anfragen zur Bearbeitung von Daten gestellt worden. Unzählige mündliche Anregungen haben geholfen, den Prototypen GAUDIS zu entwickeln und zu testen. Die folgenden Seiten bilden eine Zusammenstellung der Resultate aus der Bearbeitung verschiedener Testdaten. Dabei war es nicht immer leicht, Resultate, welche die Analysemethoden betreffen, von Resultaten, welche tierartenspezifisch sind oder die Art der Datenerhebung betreffen, auseinanderzuhalten. Die folgenden Kapitel sind tierartenspezifisch gegliedert, mit Unterkapiteln, welche die verschiedenen Analysemethoden betreffen. Teilweise haben Vergleiche der Methoden mit verschiedenen Tierarten zu ganz unterschiedlichen Schlüssen geführt. Um eindeutige Aussagen machen zu können, müsste jede Fragestellung weiter analysiert und statistisch ausgewertet werden. Dies könnte die Aufgabe weiterer Diplomarbeiten sein (Kap. 9.).

7.1. Homerangeanalyse von Steinböcken

Die Analyse der Homeranges der Steinböcke im Val Trupschun und im Val Müschauns erfolgte mit der Methode des konvexen Polygons. Der Grund dafür war, dass die Daten in ein grösseres Projekt eingebunden sind (Kap. 6.2.1.), und da dort das Homerange mit der gleichen Methode berechnet wird, sollen die Daten vergleichbar bleiben. "Zudem bietet diese Berechnungsmethode die Möglichkeit, die Resultate mit anderen Studien zu vergleichen".²⁸ Diese erste Analyse bot einen Einstieg in die Problematik der Homerangeberechnungen. Trotzdem sollen einige Resultate angefügt werden, um einerseits die Nutzbarkeit von Homerangeberechnungen mit konvexen Polygonen zu dokumentieren und andererseits einen Ausgangspunkt für Vergleiche mit anderen Methoden zu liefern, welche im Rahmen dieser Diplomarbeit mit den Daten durchgeführt wurden. Am Beispiel eines Datensatzes sollen die verschiedenen Module, welche im Prototypen verwendet wurden, exemplarisch gezeigt und verglichen werden. Ausgewählt wurde das Tier 15. Es zeigt die interessanteste Geschichte, weil dieses weibliche Tier im Laufe der Beobachtungszeit ein Junges warf. Deshalb wurde dieser Datensatz bereits in einer ersten Analyse speziell ausgewertet. Als

²⁸Rochat N., Bouquetin des alpes (Capra ibex L.): Niche spatio temporelle dans le parc national suisse (GR), 1994, S.65

Vergleich werden Daten der telemetrierten Tiere angeführt, von welchen am meisten Daten in einem regelmässigen Zeitraster vorhanden sind.

7.1.1. Flächenvergleich mit Hilfe des konvexen Polygons

Ein Flächenvergleich der Jahreshomeranges der fünf telemetrierten Tiere zeigt, dass die Homeranges in ihrer Grösse sehr unterschiedlich sind (Tab. 3).

Tab. 3 Homeranges verschiedener Steinböcke im SNP

Nr. des Steinbocks	Geschlecht	Fläche in ha
13	w	169.0
15	w	385.1
1	m	892.9
2	m	712.4
23	m	482.1

Auffällig ist dabei, dass die drei männlichen Tiere 1, 2 und 23 alle ein deutlich grösseres Homerange belegen als die beiden weiblichen Tiere. Allerdings zeigen die Abb. 14 - 18 deutlich, dass die Berechnungen mit dem konvexen Polygon Gebiete umfassen, welche aufgrund der Anordnung der Beobachtungsdaten und der topographischen Verhältnisse kaum vom Tier betreten worden sind. Gleichzeitig werden vor allem bei den männlichen Tieren Gebiete ins Homerange miteinbezogen, welche während saisonal bedingten Wanderungen nur kurzzeitig gestreift werden.

Bei Abb. 19 zeigt sich der Nutzen der Methode des konvexen Polygons, der mit einer anderen Methode kaum so zu erreichen wäre. Die Zeit zwischen dem 18. 6. und dem 1.9.93 wurde in sieben Perioden aufgeteilt. Deutlich kann die Periode 5 von den anderen unterschieden werden. Dies ist die Zeit zwischen dem 7.8. und 18.8.93, in welcher das Tier 15 ein Junges warf. Es scheint, als würde sich dieses Tier in dieser Zeit vom restlichen Homerange entfernen. Mit nur 3 Beobachtungen in dieser Periode ist die Basis für diese Aussage zwar schmal, aber es lässt sich ein konvexes Polygon bilden, während eine Dichteverteilungsmethode hier versagt hätte.

Abb. 14

**Jahres - Homerange
Tier (13)**

-  Jahres - Homerange
-  Beobachtungspunkte

-  Wanderwege
-  Wasserstellen
-  Salzlecken

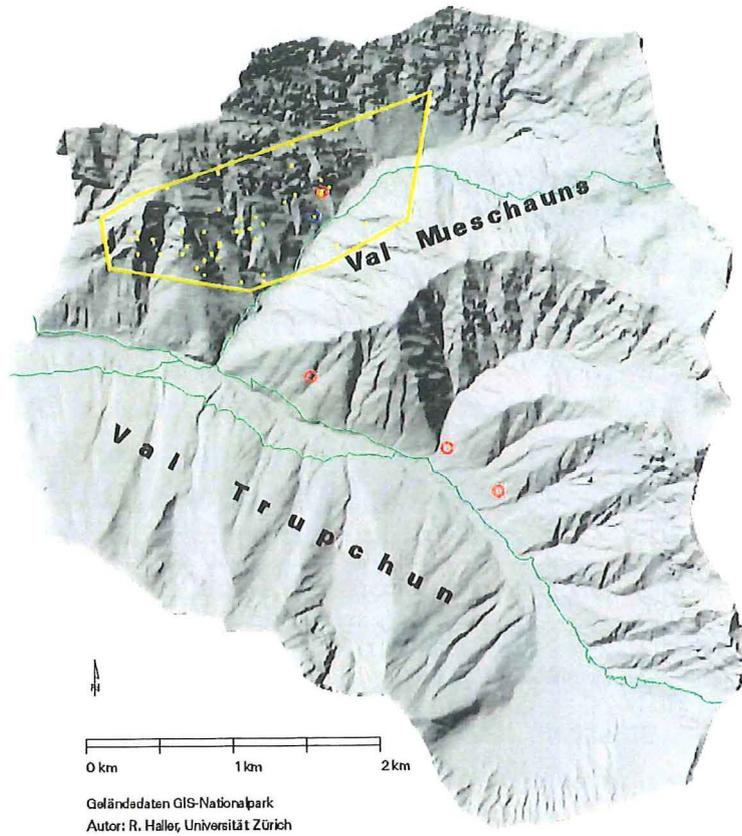


Abb. 15

**Jahres - Homerange
Tier (15)**

-  Jahres - Homerange
-  Beobachtungspunkte

-  Wanderwege
-  Wasserstellen
-  Salzlecken

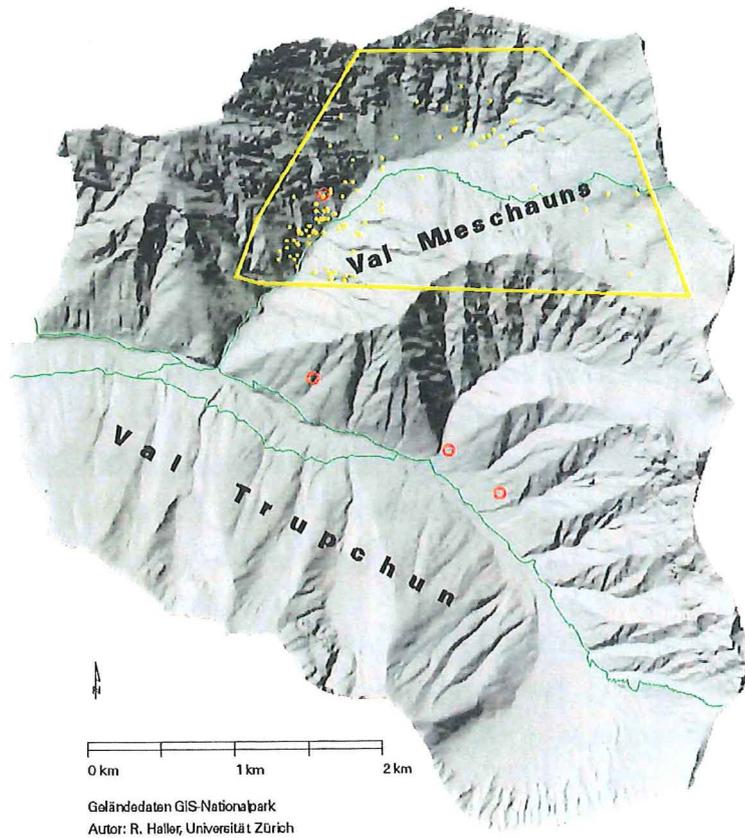


Abb. 16

**Jahres - Homerange
Tier (10)**

-  Jahres - Homerange
-  Beobachtungspunkte

-  Wanderwege
-  Wasserstellen
-  Salzlecken

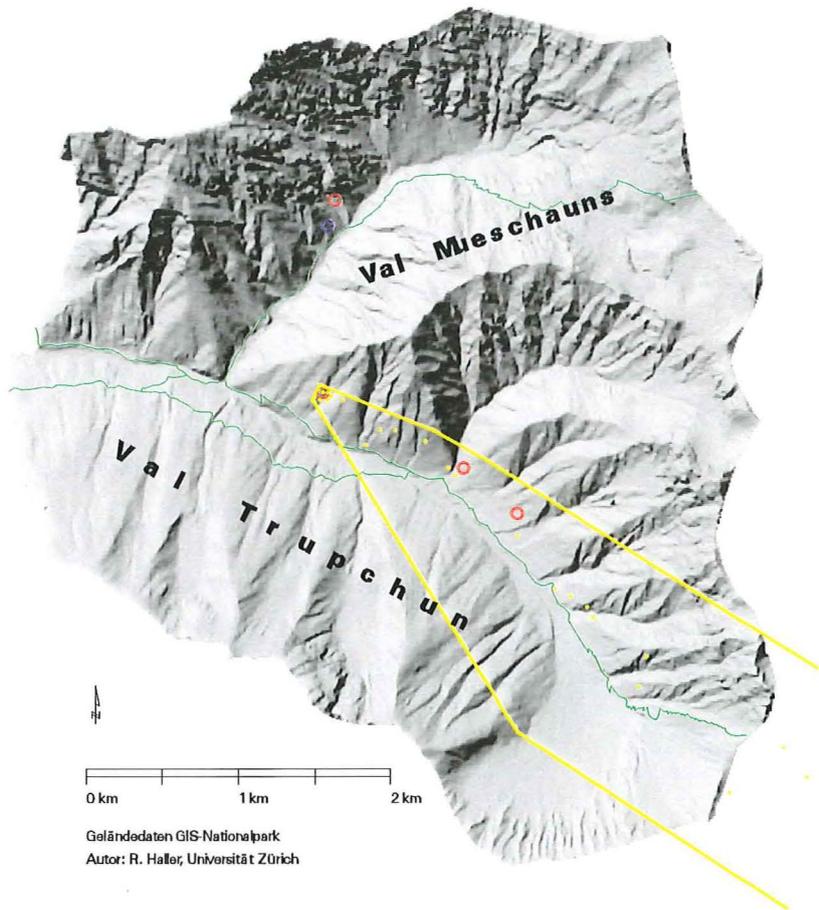
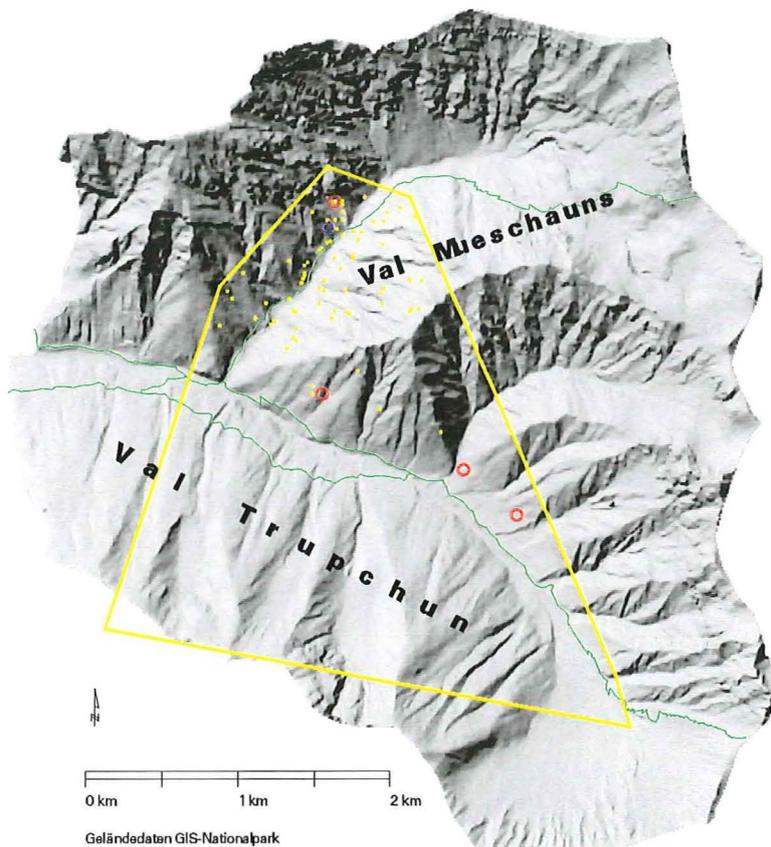


Abb. 17

**Jahres - Homerange
Tier (2)**

-  Jahres - Homerange
-  Beobachtungspunkte

-  Wanderwege
-  Wasserstellen
-  Salzlecken



Jahres - Homerange Tier (23)

-  Jahres - Homerange
-  Beobachtungspunkte

-  Wanderwege
-  Wasserstellen
-  Salzlecken

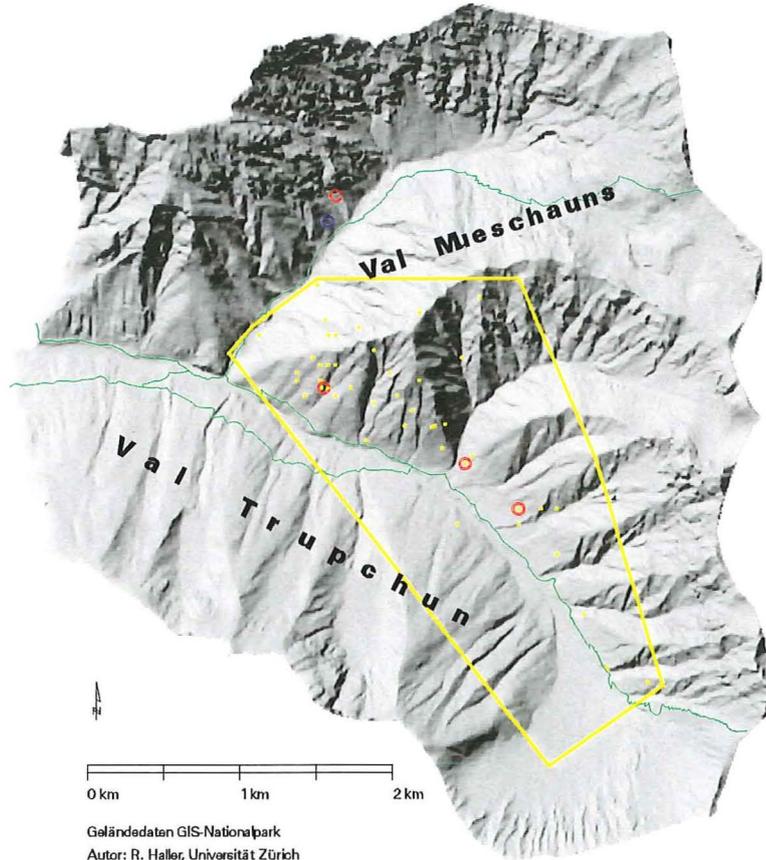


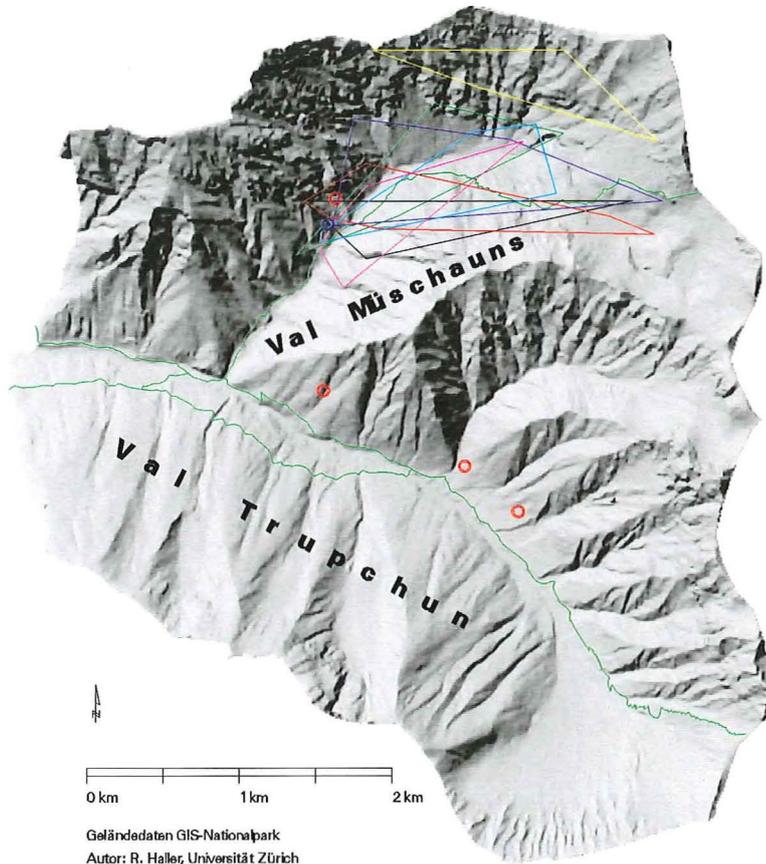
Abb. 19 Homerange von Tier 15, aufgeteilt in 7 Perioden zwischen dem 18.6.93 und dem 1.9.93

Homeranges Tier 15 Sommer 1993

Homeranges

-  Periode 1 (19.6 - 30.6)
-  Periode 2 (1.7 - 11.7)
-  Periode 3 (12.7 - 26.7)
-  Periode 4 (27.7 - 6.8)
-  Periode 5 (7.8 - 18.8)
-  Periode 6 (19.8 - 30.8)
-  Periode 7 (1.9 - 12.9)

-  Wanderwege
-  Wasserstellen
-  Salzlecken



7.1.2. 3-D-Flächenberechnung der Homeranges mit Hilfe des digitalen Geländemodells (DGM)

Mit Hilfe des DGM des Schweizerischen Nationalparks war es möglich, die Fläche eines Homerange nicht nur planar zu berechnen, sondern angenähert an die effektiven Geländeoberflächen. Dabei wird aus einem TIN eine Polygoncoverage abgeleitet (ARC/INFO-Befehl *tinarc*), mit den Aussengrenzen des Homerange verschnitten (ARC/INFO-Befehl *intersect*) und die Flächen der einzelnen Dreiecke addiert. Zur Berechnung der "3D-Flächen" konnte eine AML verwendet werden, welche R. Meyer für seine Diplomarbeit implementiert hat.²⁹

Tab. 4 Flächenvergleich von Homeranges von Steinböcken planar und angenähert an die effektive Fläche in 3D

Nr. des Steinbocks	2D- Fläche in ha	3D- Fläche in ha	Differenz zwischen 2D und 3D in ha	Zunahme bei 3D in %
telemetrierte Tiere				
13	169.0	238.7	69.7	41.24
15	385.1	507.0	121.9	31.65
1*	892.9	898.5		
2*	712.4	886.0	173.6	24.37
23	482.1	620.6	138.5	28.73
sichtmarkierte Tiere				
35	270.7	357.4	86.7	32.03
38	282.4	386.0	103.6	36.69
50*	348.3	415.7	67.4	19.35
4	289.3	385.7	96.4	33.32
5	811.1	1070.7	259.6	32.01

* Die Tiere 1, 2 und 50 haben ihr Homerange auch ausserhalb des zur Verfügung stehenden DGM des Schweizerischen Nationalparks.

Gebiete ausserhalb des Nationalparks wurden weiter planar berechnet, weil kein Geländemodell zur Verfügung stand. Damit liegt die Abweichung von planar zu 3D zu tief. Trotzdem liegt die durchschnittliche Abweichung der planaren von der 3D-Fläche bei 31.4%. Die genutzte Fläche dürfte aber nicht exakt der dreidimensionalen Fläche entsprechen. Extreme Steilhänge - im Val Trupchun selten - weisen im Vergleich zur Ebene eine geringere Biomasse auf. Dieser Faktor reduziert die Fläche des nutzbaren Homerange. Trotzdem dürfte die

²⁹Meyer R., Simulation einer Vegetationskarte in der Val Trupschun, Anhang, 1994,

dreidimensionale Schätzung des Homerange der effektiv genutzten Fläche im Gebirge näher kommen als eine planare Berechnung.

7.1.3. Vergleich der verschiedenen Methoden

7.1.3.1. Vergleich der Methode des konvexen Polygons mit Dichteverteilungen im GRID

Abb. 15 zeigt deutlich, dass keine Beobachtung südlich der Krete zwischen dem Val Müschauns und dem Val Trupschun gemacht wurde. Trotzdem wird mit der Methode des konvexen Polygons das Homerange so bestimmt, dass es Gebiete südlich dieser Krete erfasst. Abb. 20 zeigt die Umrisslinie des Homeranges mit einer im Grid berechneten Dichteverteilung (bivariate Normalverteilung). Hier werden ebenfalls Teile südlich dieser topographischen Grenze erfasst. Werden die Parameter Radius und Standardabweichung weiter verkleinert, wird die Homerangegrenze immer stärker der Topographie und der effektiven Verteilung der Punkte angepasst. Abb. 21 zeigt das Jahreshomerange des Tieres 15 mit der Isolinie, berechnet mit der bivariaten Normalverteilung im GRID bei einer Standardabweichung von 250 Metern und einem Suchradius von 500 Metern. Im Vergleich mit der Umrisslinie des konvexen Polygons erscheint diese Umrisslinie den Beobachtungspunkten angepasster. Wo viele Beobachtungen gemacht wurden, erscheint das Homerange mächtiger, weiter oben im Val Müschauns wird das benutzte Gebiet schmäler. Auffallend ist auch, dass sich die Umrisslinie, gebildet aus einer Distanzfunktion, der Topographie anzupassen scheint. Es wird bestätigt, dass das Tier seine Standorte abhängig von der Topographie wählt. Gleichzeitig befinden sich einige Punkte ausserhalb der Umrisslinie, welche die 95% Line des Dichtevolumens repräsentiert. Mit dabei sind zwei der drei Punkte, bei welchen das Tier in der Zeitspanne um die Geburt des Jungtiers beobachtet wurde. Obwohl diese vom Verhalten her wichtigen Punkte ausserhalb der Umrisslinie liegen, kann sie als Begrenzung des Homerange dienen, denn Burt definiert das Homerange als Gebiet der normalen Aktivitäten.³⁰ Die Geburt des Jungtiers stellt für dieses Tier, nach der Definition von Burt, eine Aktivität dar, welche ausserhalb des normal genutzten Homerange stattfindet.

Ein Flächenvergleich (Tab. 5) der beiden Homeranges zeigt, dass im Gegensatz zu den Bartgeiern (Kap. 7.4.1.) bei Tier 15 das Homerange berechnet mit einer Dichteverteilung, praktisch gleich ist wie das des konvexen Polygons. Beim Tier 1,

³⁰Burt W. H., Territoriality and home range concepts as applied to mammals, J. of Mammal 24, 1943

welches mit der Methode des konvexen Polygons die grösste Fläche belegt, berechnet die Dichteverteilung ein geringfügig kleineres Homerange (5.9%). Die Grösse des Homeranges bei Tier 13 wird hingegen bei der Berechnung mit der Dichteverteilung deutlich grösser (70.2%). Eine abschliessende Beurteilung lässt sich anhand dieser wenigen Beispiele nicht machen. Erfahrungen im Rahmen der Arbeit haben gezeigt, dass bei weit auseinanderliegenden Beobachtungen in der Regel das konvexe Polygon das grössere Homerange berechnet, bei Beobachtungen, welche nah beieinander liegen, verhält es sich umgekehrt (Kap. 7.4.1.). Es ist klar, dass alle diese Vergleiche darauf, basieren, dass Radius und Standardabweichung so gewählt sind, dass die Fläche dem effektiven Homerange nahe kommen. Diese Werte werden bis heute nur mit der Erfahrung und aufgrund von Beobachtungen gewonnen. Damit die Vergleiche weiter analysiert werden können, müssten die Eingangswerte für den Suchradius und die Standardabweichung für jede Tierart systematisch bestimmt werden können.

Tab. 5 Flächenvergleich der Homeranges von drei ausgewählten Steinböcken mit der Methode des konvexen Polygons und der Dichteverteilung mit der bivariaten Normalverteilung im GRID

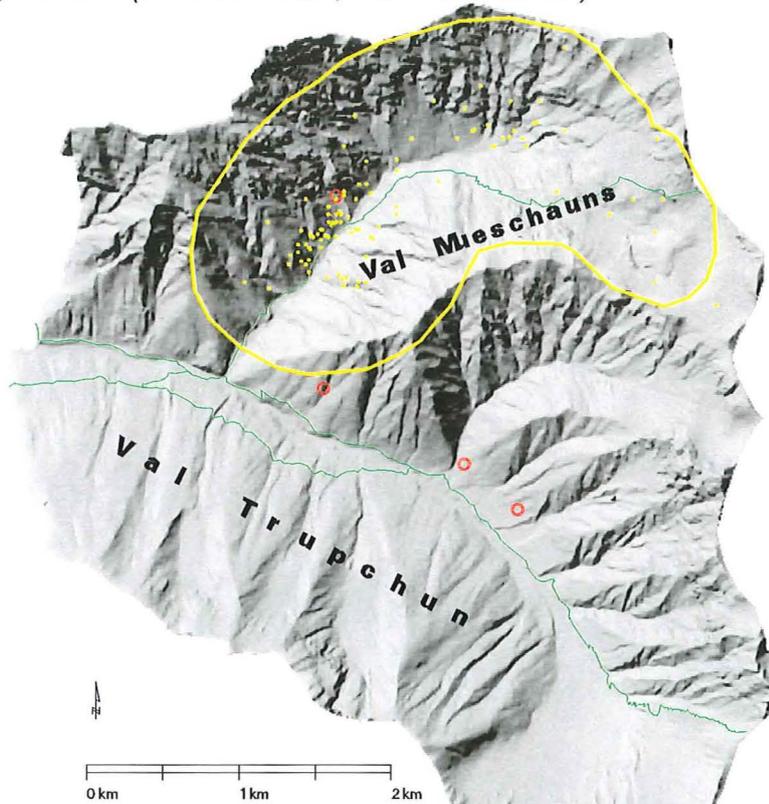
	Konvexes Polygon Fläche in ha	Dichteverteilung (biv. Normalverteilung) r = 500m std = 250m, Fläche in ha
Tier 15	385.1	384.0
Tier 1	892.9	840.0
Tier 13	169.0	287.7

Abb. 20 Jahreshomerange von Tier 15, berechnet mit der bivariaten Normalverteilung im Grid ($r = 700$ Meter, $std = 350$ Meter)

**Jahres - Homerange
Tier (15)**

-  Jahres - Homerange
-  Beobachtungspunkte

-  Wanderwege
-  Wasserstellen
-  Salzlecken



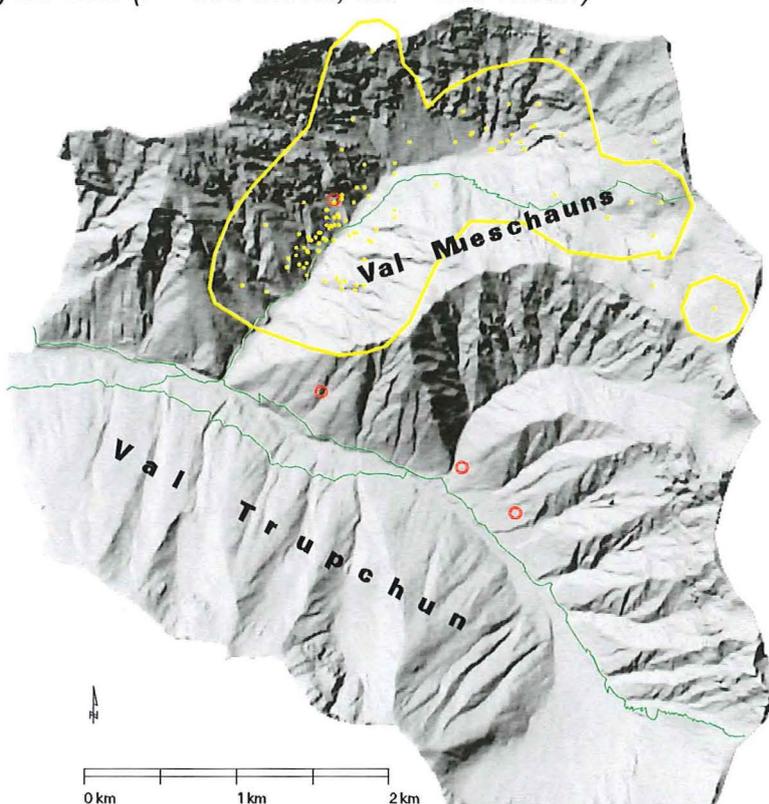
Geländedaten GIS-Nationalpark
Autor: R. Haller, Universität Zürich

Abb. 21 Jahreshomerange von Tier 15, berechnet mit der bivariaten Normalverteilung im Grid ($r = 500$ Meter, $std = 250$ Meter)

**Jahres - Homerange
Tier (15)**

-  Jahres - Homerange
-  Beobachtungspunkte

-  Wanderwege
-  Wasserstellen
-  Salzlecken



Geländedaten GIS-Nationalpark
Autor: R. Haller, Universität Zürich

7.1.3.2. Vergleich verschiedener Dichteverteilungsmethoden im TIN

Tab. 6 zeigt die Flächenvergleiche der drei mit Hilfe des TIN durchgeführten Methoden. Die Flächen wurden erneut mit der Isolinie berechnet, welche die 95% Linie des Dichtevolumens repräsentiert. Bei allen Methoden wurden zwei verschiedene Grössen für die Parameter verwendet: 500 Meter und 700 Meter Suchdistanz mit 250 Meter und 350m Standardabweichung bei der bivariaten Normalverteilung.

Tab. 6 Grössenvergleich der Homeranges von Tier 15, berechnet im TIN mit drei verschiedenen Dichtefunktionen.

Dichtefunktion	Homerange in ha	Homerange in ha
	r =700m std = 350m	r = 500m std = 250m
lineare Funktion	542,8	473,9
harmonisches Mittel	805,3	805,3
bivariate Normalverteilung	556,9	574,2

Das grösste Homerange berechnet die Methode mit dem harmonischen Mittel, das kleinste die der linearen Funktion. Die Methode des harmonischen Mittels bewertet Punkte am Rande des Gebiets stärker als die lineare Funktion oder die bivariate Normalverteilung. Dies veranschaulicht Tab. 7, die je einen Dichtewert eines zufälligen Punktes aus der Peripherie und dem Zentrum und das Verhältnis, das die beiden Punkte miteinander bilden, darstellt.

Tab 7. Dichtewerte und ihr Verhältnis von zwei Beobachtungspunkten im Vergleich der verschiedenen Methoden im TIN

Z-Werte	Dichtewert am Rand	Dichtewert im Zentrum	Verhältnis
lineare Funktion	5.74485519	73.4277877	12.7814867
harmonisches Mittel	0.00064918	0.0018315	2.82132845
bivariate Normalverteilung	0.00082148	0.06043166	73.5643712

Das harmonische Mittel bildet demnach eine viel flachere Verteilung, die 95%-Linie wird nach aussen verschoben. Nicht beeinflusst wird die Homerangegrösse, wenn der Suchradius um 200 Meter vergrössert wird. Allerdings gibt es abhängig vom Abstand der Punkte zueinander eine Mindestgrenze, unter die der Suchradius nicht fallen darf, ohne dass die Grösse des Homerange beeinflusst wird. Die

kleinste Fläche bildet die Dichteverteilung der linearen Funktion, die auch direkt vom Suchradius beeinflusst wird. Punkte, die nahe beieinander liegen, bilden einen grösseren Dichtewert, Randgebiete fallen deshalb aus der 95%-Volumen-Zone. Ähnlich verhält sich die Dichteverteilung, deren Werte mit der bivariaten Normalverteilung gebildet wurden. Hier wird die Fläche dadurch etwas grösser, weil Werte ausserhalb der Distanz der Standardabweichung geringer gewertet werden als Werte ausserhalb des halben Suchradius bei der linearen Funktion. Die zentralen Punkte bilden dadurch ein kleineres Volumen. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass es bis heute keine systematischen Untersuchungen zur Wahl des Suchradius und der Standardabweichung gibt. Die Bestätigung dieser oben beschriebenen Sachverhalte müsste mit einer systematischen Untersuchung an verschiedenen Beispielen gefestigt werden.

7.1.3.3. Vergleich der bivariaten Normalverteilung in TIN und GRID

TIN berechnet den Dichtewert beim Beobachtungspunkt, und danach die Dichteverteilung aufgrund einer Dreiecksvermaschung der Beobachtungspunkte (Kap. 5.3.2.2.). Grid berechnet für jeden Zellwert den Dichtewert. Beim Vergleich der Methoden fällt auf, dass die Dichteverteilung im Grid grundsätzlich kleinere Homeranges berechnet, allerdings vom Suchradius und/oder der Standardabweichung stark beeinflusst wird. Die Methode im TIN zeigt sich gegenüber Radius und Standardabweichung resistenter. Allerdings ist einzuwenden, dass aufgrund eines Beispiels keine generellen Schlüsse gezogen werden können. Weitere Versuche mit dem Prototypen GAUDIS müssten auch in diesem Bereich fortgeführt werden.

Tab. 8 Vergleich der Homeranges, berechnet mit der bivariaten Normalverteilung im TIN und im GRID

	Homerange r = 700m std = 350m	Homerange r = 500m std = 250m
TIN	556,9	574,2
GRID	528.2	384.0

7.1.3.4. Einfluss der Zellengrösse auf das Homerange

Tab. 9 Flächenberechnung im Grid mit der bivariaten Normalverteilung (Tier 15)

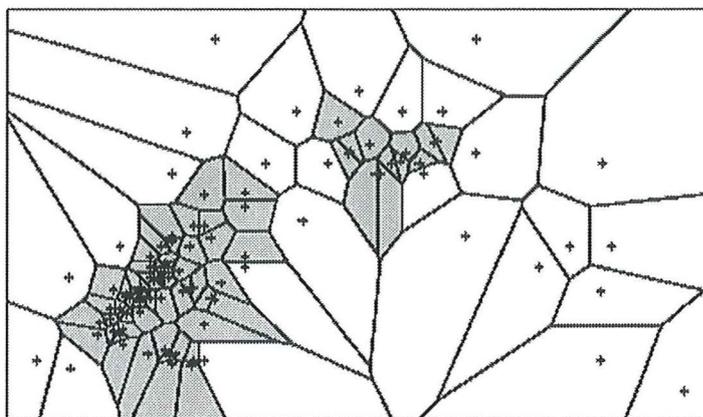
Zellengrösse	Radius/std	Fläche in ha
10 m x 10 m	500/250	383.6
20 m x 20 m	500/250	384.0
40 m x 40 m	500/250	383.9
80 m x 80 m	500/250	382.1

Tab. 9 zeigt ein Flächenvergleich eines Homerange, gerechnet mit gleichem Suchradius und der gleichen Standardabweichung aber unterschiedlicher Zellgrösse. Die Differenz zwischen dem grössten und dem kleinsten Homerange beträgt 1.9 ha, das sind 0.49% der Fläche des grössten Homerange. Begründen lässt sich diese Differenz mit der Interpolationsmethode, die ARC/INFO beim Generieren der Isolinie im ARC anwendet (Kap. 5.3.3). Dabei werden die Zellmittelpunkte als Referenz zur Interpolation gewählt. Je nach Zellengrösse verschiebt sich damit die Isolinie. Bei einer Zellengrösse von 20 * 20 Metern beträgt die Abweichung vom grössten zum kleinsten Homerange 90.25 Zellen.

7.1.3.5. Thiessenpolygone für Homerangeanalysen

Abb. 22 zeigt die Thiessenpolygone, berechnet aus den Beobachtungspunkten von Tier 15. Homerangeanalysen in der Wildforschung beruhen vor allem auf Flächenberechnungen und Flächenvergleichen mit anderen Tieren der gleichen Art und anderen Studien. Dazu kommt der Versuch, die Umrisslinie der Polygone zu bestimmen. Da Thiessenpolygone aus Mittelsenkrechten abgeleitet werden, erhalten sie eine unnatürliche Form an den Aussengrenzen, wo nur wenige Beobachtungen gemacht wurden. Grundsätzlich füllen Thiessenpolygone den ganzen Raum, sind also unter Umständen nach aussen offen, wenn dort keine Beobachtungspunkte vorhanden sind. ARC/INFO begrenzt sie mit Hilfe der Boundary der Punktcoverage. Die Homerangefläche kann nur aus der Fläche von einzelnen Polygonen bestimmt werden. Ob ein einzelnes Polygon zum Homerange gezählt wird, hängt von seiner Grösse ab. In Abb. 22 wurden die Flächen schattiert, die kleiner als 5 ha sind. Diese Wahl ist willkürlich und hängt von der räumlichen Anordnung der Beobachtungspunkte ab.

Abb. 22 Thiessenpolygone, gebildet aus den Beobachtungen von Tier 15

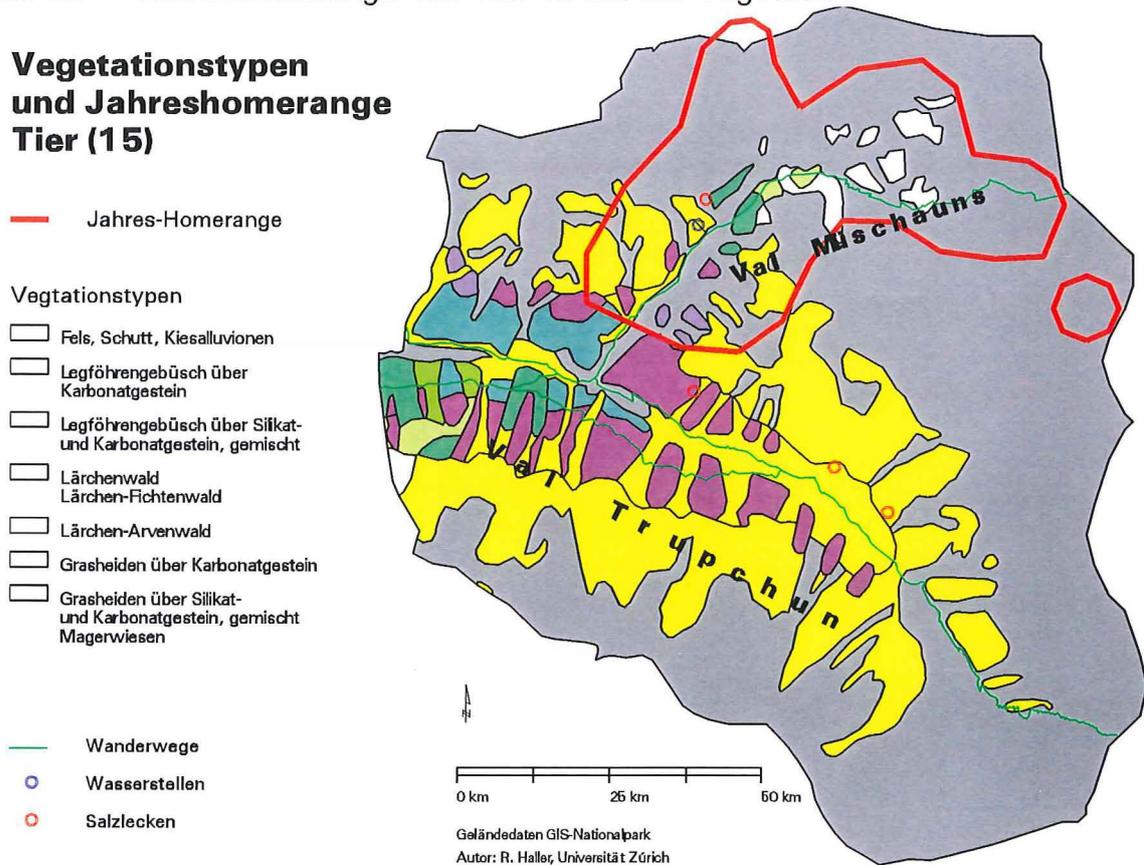


7.2. Präferenzanalyse am Beispiel des Tieres 15

Mit Hilfe der bei der Homerangeanalyse gewonnenen Resultate und den Basisdaten des GIS-SNP wurde für das Tier 15 eine Präferenzanalyse bezüglich der Vegetation durchgeführt. Als Habitattypen wurden die Vegetations-einheiten nach Zoller³¹ verwendet. Als Habitat, das zur Bildung der Flächen-anteile notwendig ist, wurde das Homerange angenommen, welches mit der 95%-Isolinie repräsentiert wird (Abb. 23). Berechnet wurde die Dichteverteilung im GRID (bivariate Normalverteilung).

³¹Zoller H., Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks und seiner Umgebung 1:50'000; auf der topographischen Basis der Landeskarte der Schweiz, Blätter 249 (Tarasp) und 259 (Ofenpass), Wissenschaftliche Nationalparkkommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften, Hallwag AG, Bern, 1992

Abb. 23 Jahreshomerange von Tier 15 mit der Vegetation



Eine Verschneidung der Umrisslinie mit der Vegetationskarte ergab folgenden Flächenanteile:

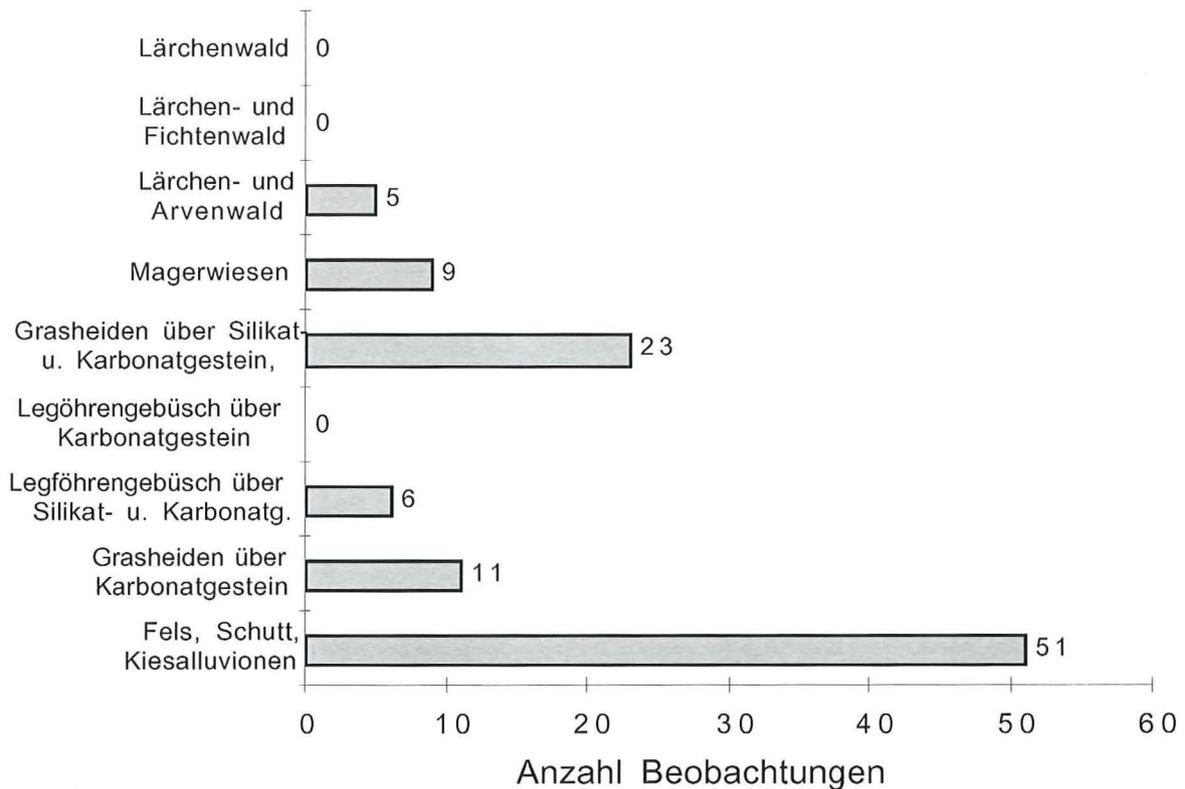
Tab. 10 Flächenanteile der Vegetationseinheiten nach Zoller innerhalb des Homerange

Vegetationseinheiten nach Zoller	Anzahl Polygone	Fläche in ha
Fels, Schutt, Kiesalluvionen	3	284.02
Grasheiden über Karbonatgestein	10	25.23
Legföhrengebüsch über Silikat- u. Karbonatgestein, gemischt	3	6.90
Legföhrengebüsch über Karbonatgestein	2	3.74
Grasheiden über Silikat- u. Karbonatgestein, gemischt	7	43.32
Magerwiesen	2	5.62
Lärchen und Arvenwald	5	5.53
Lärchen und Fichtenwald	1	1.25
Lärchenwald	3	3.77

Eine Analyse, auf welchen Vegetationseinheiten das Tier wie oft beobachtet wurde, ergibt, wie in Tab. 11 dargestellt, eine Häufung der Beobachtungen auf der

Vegetationseinheit "Fels, Schutt und Kiesalluvionen". Keine Beobachtungen wurden im Lärchenwald, dem Lärchen - Fichtenwald und dem Legföhrengebüsch über Karbonatgestein gemacht.

Tab. 11 Häufigkeitsverteilung der Beobachtungsdaten von Tier 15 auf die Vegetationseinheiten von Zoller



Nur aufgrund der Beobachtungshäufigkeit darf indes nicht auf eine Präferenz des Tieres in Bezug auf eine Vegetationseinheit geschlossen werden. Der Vergleich mit dem Angebot in einem χ^2 -Test ergibt ein anderes Bild: Die Annahme, dass die Beobachtungen gleichmässig auf die verschiedenen Vegetationseinheiten verteilt sind, darf verworfen werden, die Testgrösse beträgt 73.07 (Tab. 12). Dies ist deutlich mehr, als, die kritischen Werte der verschiedenen Signifikanzniveaus zulassen (Tab. 12). Allerdings werden auf der Vegetationseinheit "Fels, Schutt, Kiesalluvionen" über 81 Beobachtungen erwartet (Tab. 12). Der Lärchen-Arvenwald enthält deutlich mehr Beobachtungen als erwartet. Die anderen Waldtypen sind selten; der Erwartungswert daher gering. Mit Ausnahme der Legföhrengebüsche über Silikatgestein weisen alle anderen Vegetationseinheiten zum Teil deutlich mehr Beobachtungen auf als erwartet. Magerwiesen und Grasheiden über Silikat- und Karbonatgestein stechen aus dieser Gruppe noch

einmal heraus. Es lässt sich vermuten, dass das Tier 15 vor allem in diesen Gebieten Nahrung sucht.

Tab. 12 χ^2 - Testwerte für das Tier 15 mit der Vegetation

Vegetationseinheit nach Zoller	Beob. Wert	Erw. Wert	χ^2
Fels, Schutt, Kiesalluvionen	51	81.602	11.476
Legöhrengbüsch über Karbonatgestein	1	1.076	0.005
Legöhrengbüsch über Silikat- u. Karbonatg.	6	1.982	8.147
Lärchenwald	0	1.083	1.083
Lärchen und Fichtenwald	0	0.358	0.358
Lärchen und Arvenwald	5	1.589	7.324
Grasheiden über Karbonatgestein	11	7.249	1.941
Grasheiden über Silikat- u. Karbonatgestein, gemischt	23	12.447	8.946
Magerwiesen	9	1.614	33.786
Testgrösse			73.066
kritische Werte		$\alpha = 0.10$	13.362
		$\alpha = 0.05$	15.507
		$\alpha = 0.01$	20.090
		$\alpha = 0.001$	26.125

Um diese Vermutungen weiter zu analysieren, könnten die Daten mit dem Konfidenzintervall von Bonferroni³² getestet werden. Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass allein aufgrund von Häufigkeiten keine Aussagen über eine Präferenz zu einem Habitattyp gemacht werden dürfen. Ein statistischer Test, der die Beobachtungen mit dem Angebot vergleicht, ist hier unbedingt notwendig.

³²Neu C. et al., A technique for analysis of utilisation-availability data, J. Wildl. Manag. 38, p. 341 ff.

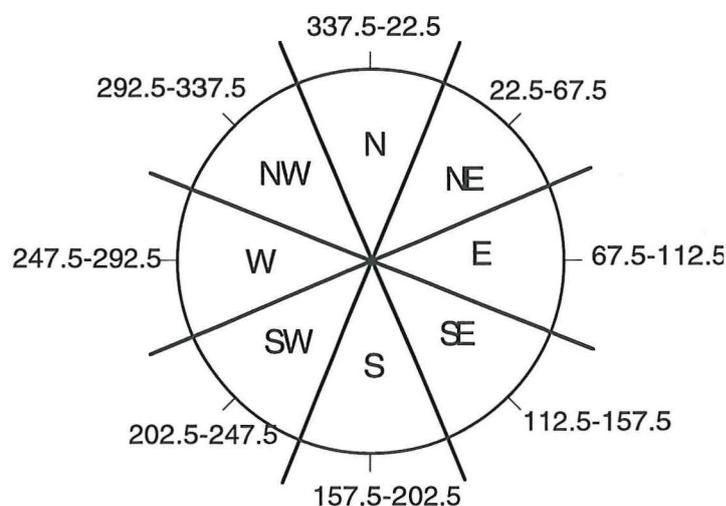
7.3. Präferenz- Analyse mit Daten von Steinadlern

Im vorhergehenden Kapitel wurden die Habitattypen in einer Polygoncoverage verwaltet. Als Beispiel zur Präferenz-Analyse von Beobachtungspunkten mit Habitattypen, welche durch ein Grid repräsentiert wird, wurden die Daten der Steinadler auf Hangneigung und Exposition ausgewertet. Die Nullhypothese des χ^2 -Test lautet, dass die Daten im Verhältnis zu den Expositionen gleichmässig verteilt sind. Beobachtungen im Gelände lassen jedoch vermuten, dass südexponierte Hänge der Thermik wegen stärker genutzt werden, weil die relativ schweren Vögel auf eine gute Thermik angewiesen sind. Ist dies der Fall, so müsste die Testgrösse (χ^2) grösser ausfallen als der kritische Wert beim Signifikanzniveau α .

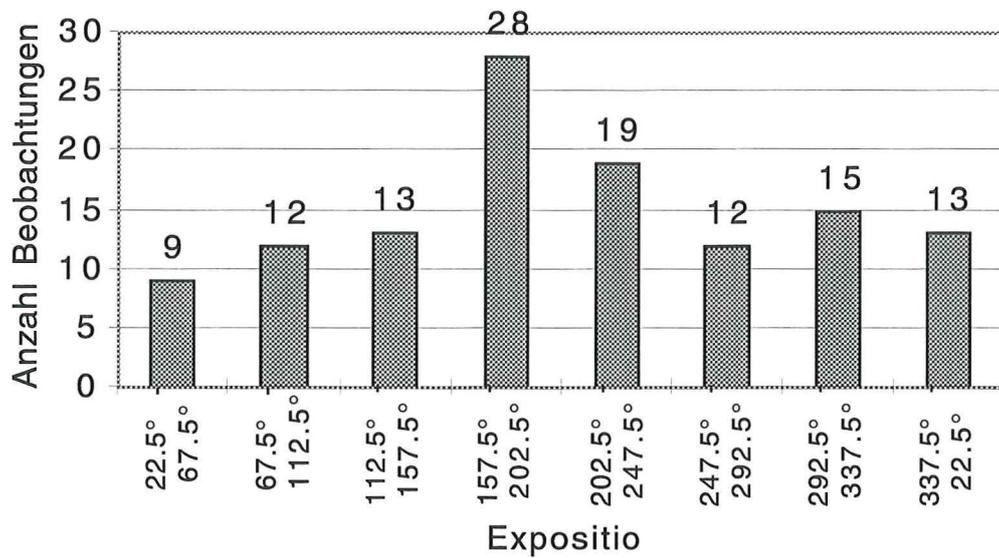
Die Exposition kann in ARC/INFO mit der Funktion *expos* im Modul GRID abgeleitet werden. Die Expositionen werden in acht Klassen aufgeteilt. Dabei wird darauf geachtet, dass bei den Hauptexpositionen nicht ein Klassenwechsel vorgenommen wird (Abb. 24).

Die Auswertung der Beobachtungshäufigkeiten zeigt, dass nur beim ersten Datensatz, erhoben 1980 -1982, die Häufigkeit der Beobachtungen auf südexponierten Hängen grösser ist. Beim zweiten Datensatz (1989 -1993) deutet bereits die Häufigkeitsverteilung darauf hin, dass aufgrund dieser Daten die Nullhypothese nicht verworfen werden kann (Tab. 13 und Tab. 14).

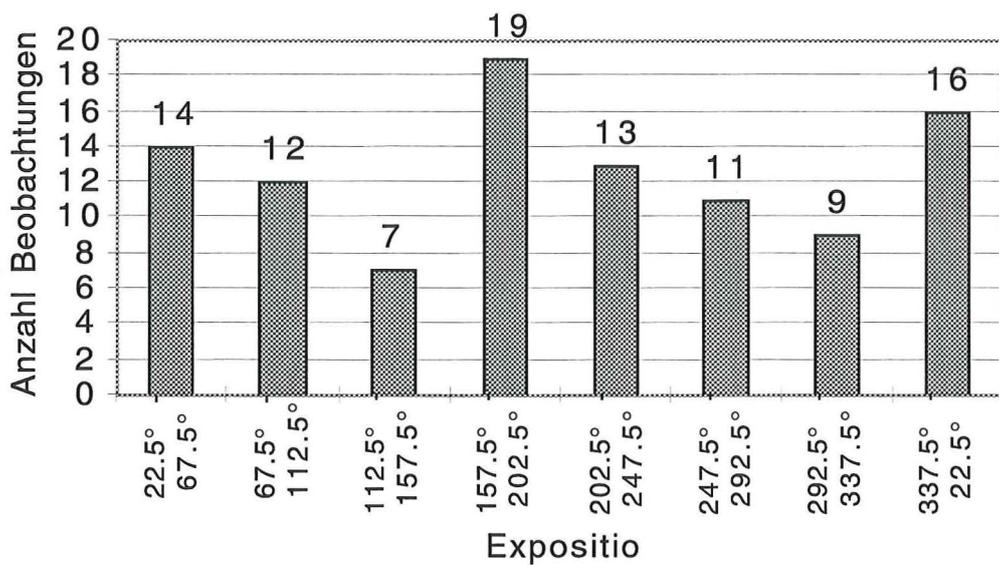
Abb. 24 Einteilung der 8 Expositionsklassen



Tab. 13 Steinadlerbeobachtungen nach Expositionsclassen (1980 - 1982)



Tab. 14 Steinadlerbeobachtungen nach Expositionsclassen (1989 - 1993)



Die Tab. 15 und 16 mit den Werten der χ^2 - Tests bestätigen diese Vermutung. Mit den Testgrössen **11.488** für die Daten 1980 - 1982 und **7.819** für die Daten 1989 -1993 lässt sich die Nullhypothese für diese Datensätze nicht verwerfen. Die Steinadler zeigen gemäss diesem Test keine Präferenz auf eine bestimmte Exposition. Die unterschiedlichen Erwartungswerte der zwei Datensätze sind darauf zurückzuführen, dass die Gesamtfläche des Habitat jeweils durch die 95%-Isolinie der Dichteverteilung (bivariate Normalverteilung im GRID) bestimmt wird. Da die Anordnung der Beobachtungspunkte in den beiden Datensätzen nicht gleich ist, fällt die Dichteverteilung und damit die 95%-Isolinie nicht gleich aus. Dies wiederum führt zu Gesamthabitaten, die unterschiedlich gross sind, und deshalb werden unterschiedlich grosse Erwartungswerte berechnet. Nicht berücksichtigt wurden die Daten ausserhalb der Schweiz, weil kein Geländemodell vorhanden war.

Tab. 15 χ^2 -Test für Steinadlerdaten (1980-1982) nach Exposition

Expositionen	Beob. Wert	Erw. Wert	CHI2
22.5° - 67.5°	9	15.7405	2.8865
67.5° - 112.5°	12	9.4102	0.7127
112.5° - 157.5°	13	15.0196	0.2716
157.5° - 202.5°	28	20.1435	3.0642
202.5° - 247.5°	19	14.6597	1.2850
247.5° - 292.5°	12	9.5347	0.6374
292.5° - 337.5°	15	16.3830	0.1167
337.5° - 22.5°	13	20.1076	2.5124
Testgrösse			11.488
kritische Werte		$\alpha = 0.10$	12.017
		$\alpha = 0.05$	14.067
		$\alpha = 0.01$	18.475
		$\alpha = 0.001$	24.322

Tab. 16 χ^2 -Test für Steinadlerdaten (1989-1993) nach Exposition

Expositionen	Beob. Wert		CHI2
22.5° - 67.5°	14	13.1388	0.0564
67.5° - 112.5°	12	7.8548	2.1875
112.5° - 157.5°	7	12.5370	2.4454
157.5° - 202.5°	19	16.8140	0.2842
202.5° - 247.5°	13	12.2366	0.0476
247.5° - 292.5°	11	7.9587	1.1622
292.5° - 337.5°	9	13.6751	1.5982
337.5° - 22.5°	16	16.7840	0.0366
Testgrösse			7.819
kritische Werte			$\alpha = 0.10$ 12.017
			$\alpha = 0.05$ 14.067
			$\alpha = 0.01$ 18.475
			$\alpha = 0.001$ 24.322

Es bleibt die Frage, weshalb der Test die Hypothese nicht bestätigt, dass Steinadler über südexponierten Hängen öfter zu beobachten sind als über anderen Expositionen. Besteht die Möglichkeit, dass es sich um einen Fehler 2. Art handelt, bei dem die Nullhypothese beibehalten wird, obwohl in Wirklichkeit die Verteilung nicht gleichmässig ist? Einige Rückschlüsse lassen sich aus den Daten ableiten. Da es sich bei den Alpen und speziell im Kanton Graubünden um ein Ost-West-orientiertes Massiv handelt, sind Südexposition häufiger als Ost- und West-Expositionen. Nordhänge in den Alpen sind in der Regel wesentlich steiler als andere Expositionen, deshalb ist ihr Flächenanteil auch geringer als der der Südhänge. Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass ein Adler allein des Angebots wegen die Südhänge mehr berücksichtigt als andere Expositionen. Es wäre daher interessant, die gleiche Studie in einem mehrheitlich Nord-Süd ausgerichteten Gebiet durchzuführen.

7.4. Homerangeanalyse von Bartgeiern

Im Rahmen des Schweizerischen Bartgeier-Monitorings fand im Januar 1995 am Geographischen Institut der Universität Zürich ein Auswertungsworkshop statt. Dabei wurde ein Fragenkatalog diskutiert, welcher die Punkte beinhaltet, die im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitung des Projekts zur Wiederansiedlung der Bartgeier in den Schweizer Alpen beachtet werden sollten. Die Auswertungen bezüglich Raum und Zeit wurden mit Hilfe des Prototypen GAUDIS durchgeführt. Dieses Beispiel zeigt zudem die Problematik eines ungenügend erfassten Datenbestandes. In einem GIS lassen sich alle Punkte in eine Dichteverteilung

umrechnen. Allerdings treten bei ungenügender Datenerfassung bzw. ungenügenden Kenntnissen zum Datenbestand erhebliche Probleme auf, die Ergebnisse auch zu interpretieren

7.4.1. Flächenvergleich der verschiedenen Methoden

Von grossem Interesse war die Frage nach der räumlichen Ausbreitung (Dispersion) der Bartgeier. Abb. 25 zeigt eine Darstellung der Bartgeierdichte für die Schweiz. Gerechnet wurde diese Dichte mit dem Tool "Kernel Estimation Using Grid" von GAUDIS (Kap. 5.3.2.). Auffallend ist die hohe Beobachtungsdichte im Gebiet des Schweizerischen Nationalparks, wo die Tiere ausgesetzt wurden. Abb. 26 und Abb. 27 zeigen die Darstellung der Isolinien mit verschiedenen Eingabeparametern (Suchradius 50 km, Standardabweichung 25 km bzw. 12.5 km), berechnet im GRID. Über 10 % des Dichtevolumens liegen im Gebiet des Schweizerischen Nationalparks. Der Grund dafür dürfte unter anderem in der Erfassungsmethode der Daten liegen. Neben der Tatsache, dass die Tiere immer wieder an ihren Aussetzungsort zurückkehren (Kap. 7.4.2.), sind im Nationalpark viel mehr potentielle Beobachter vorhanden, welche durch die gute Öffentlichkeitsarbeit der Verantwortlichen des Bartgeierprojektes auf die Vögel aufmerksam gemacht wurden.

Im übrigen Schweizer Alpengebiet ist die Beobachtungsdichte viel geringer, im Tessin und in der Innerschweiz fehlen Beobachtungen beinahe gänzlich, doch darf angenommen werden, dass das ganze Schweizerische Alpengebiet zum Homerange der Vögel gezählt werden kann.

Neben der Berechnung des Homerange mit der Dichteverteilungsschätzung mit der bivariaten Normalverteilung wurde auch die Fläche des konvexen Polygons berechnet. Tab. 17 zeigt, dass das konvexe Polygon eine viel grössere Fläche beinhaltet als die beiden Dichteverteilungsschätzungen. Um die Homeranges vergleichen zu können, wurde in den Dichteverteilungen die 95%-Isolinie berechnet.

Tab. 17 Berechnung der Homeranges aller Bartgeier mit verschiedenen Methoden

Analysemethode	Gesamtfläche in km ²
konvexes Polygon	57'430
Dichteverteilung mit der biv. Normalverteilung r = 50 km, std = 25 km	35'995
Dichteverteilung mit der biv. Normalverteilung r = 25 km, std = 12.5 km	21'211

r = Suchradius

std = Standardabweichung

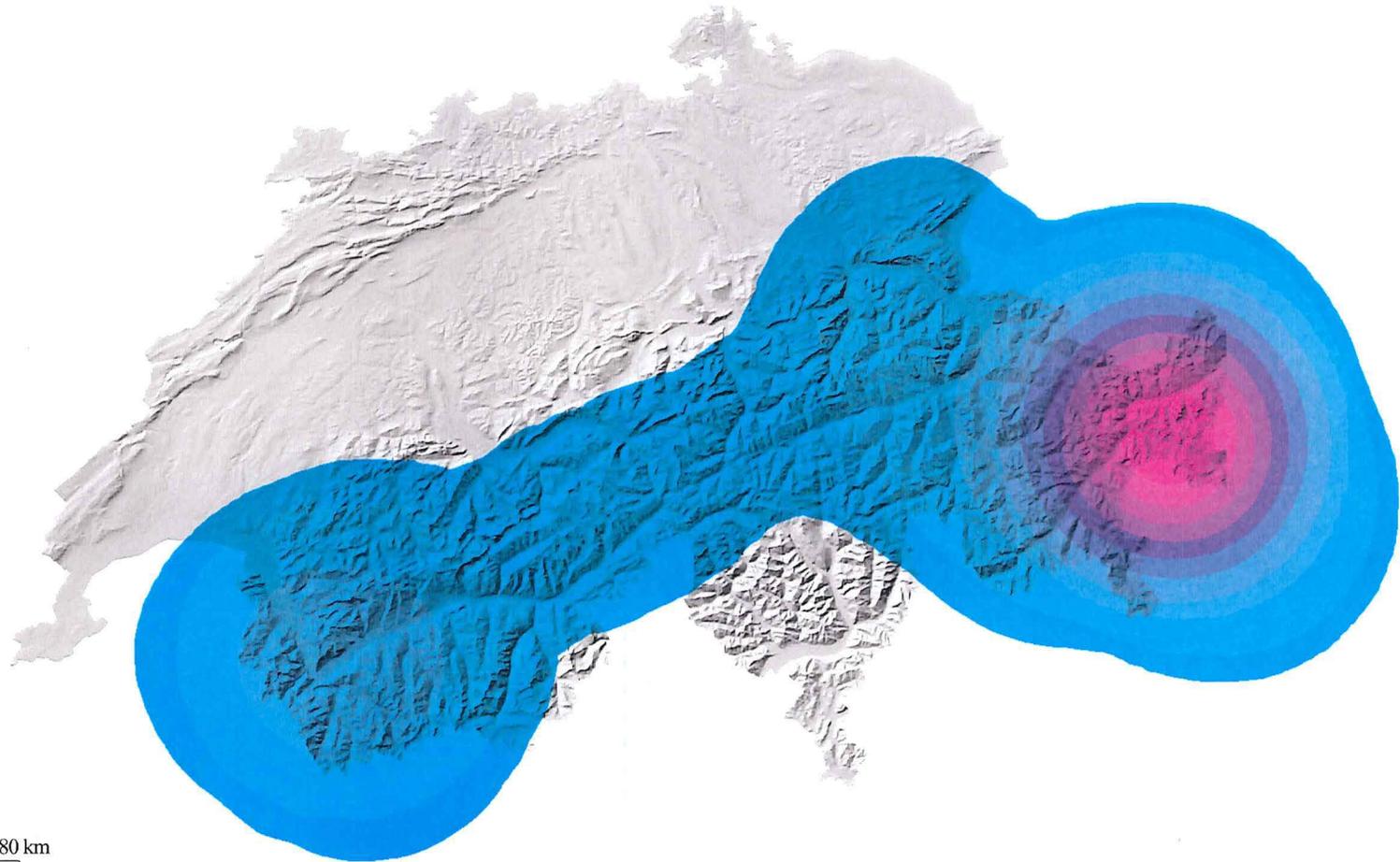
Vergleiche der drei Berechnungen zeigen, dass die Methode des konvexen Polygons eine Fläche umfasst, welche mehr als doppelt so gross ist wie die Dichteverteilung 25/12.5 km. Die weiten Streifzüge nach Süden und Westen haben zur Folge, dass grosse Gebiete südlich der Schweiz in die Berechnung miteinfließen, welche von den Tieren vermutlich nie besucht wurden. Hingegen zeigt die Berechnung mit dem Suchradius 25 km und der Standardabweichung 12.5 km Lücken im Homerange, in denen die Tiere gesehen wurden. Am nächsten an eine Gesamtabstschätzung des Gebiets, das die Bartgeier in ihren Streifzügen befliegen, kommt wahrscheinlich eine Dichteverteilung mit dem Radius 50 km und der Standardabweichung 25 km.

Seiten 66 - 68

Abb. 25 Dichte der Bartgeierbeobachtungen

Abb. 26 Verteilung der Bartgeierbeobachtungen (r = 50 km std = 25 km)

Abb. 27 Verteilung der Bartgeierbeobachtungen (r = 25km std = 12.5 km)



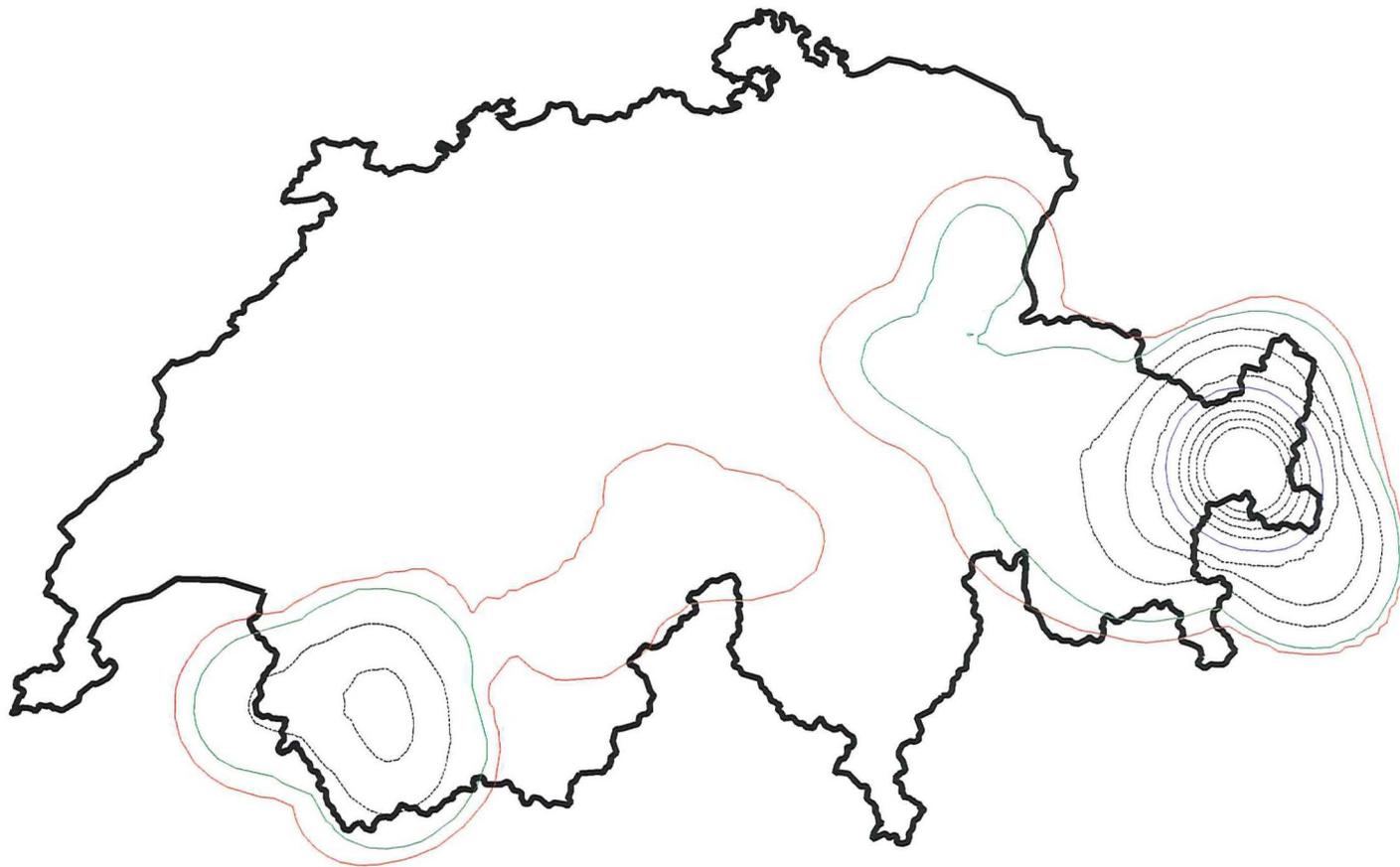
0 40 80 km



geringe Dichte der Bartgeierbeobachtungen

hohe Dichte der Bartgeierbeobachtungen





0 40 80 km



umfasst 95% aller Beobachtungen



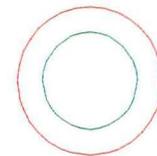
umfasst 90% aller Beobachtungen

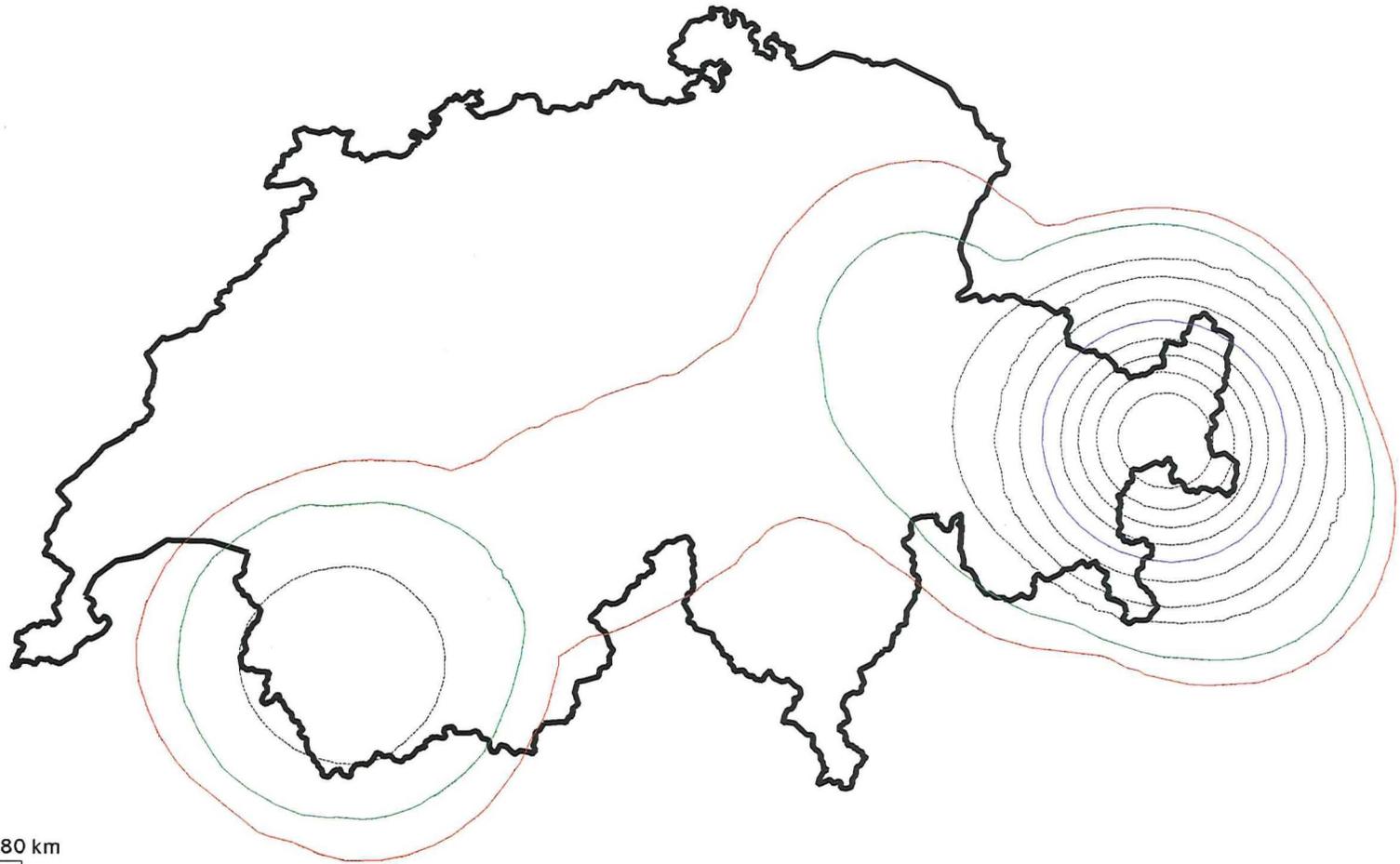


umfasst 50% aller Beobachtungen



Zwischenstufen in 10%-Abständen





0 40 80 km



umfasst 95% aller Beobachtungen



Zwischenstufen in 10%-Abständen



umfasst 90% aller Beobachtungen



umfasst 50% aller Beobachtungen



Eine der Fragen, welche im Rahmen der ersten Auswertung zum Bartgeier-Monitoring zu beantworten versucht wurde, war, wie sich das Homerange der jungen Bartgeier in den drei ersten Flugmonaten ausbreitet.

Zur Berechnung der Homerange fünf ausgewählter Bartgeier in den ersten drei Flugmonaten wurden die Methoden des konvexen Polygons und der Dichteverteilung (bivariate Normalverteilung) verglichen. Zudem wurde in der Dichteverteilung wie bei den Steinbockdaten Standardabweichung und Suchradius mit zwei verschiedenen Eingaben berechnet. Tab. 18 zeigt die berechneten Homerangeflächen der fünf Geier.

Ausgewertet wurden die Monate Juli, August und September, da es interessierte, wie gross die Homeranges kurz nach Erlangen der Flugfähigkeit werden.

Zwischen den Methoden zeigen sich grosse Flächenunterschiede. Während die Homeranges, berechnet mit dem Kernel 50/25, durchschnittlich **9351.6** km² gross sind, sind es beim Kernel 25/12.5 **3085.3** km² und beim konvexen Polygon gar nur **994.3** km². Innerhalb der Methoden ist die Differenz der Homerangegrösse beim konvexen Polygon am grössten. Während bei Jo (BG 169) im Juli 92 alle Beobachtungen beim Horst gemacht wurden, beträgt das Homerange von Margunet (BG 149) im Juli 91 bereits 5823 km². Dies ist eine Bestätigung dafür, dass einzelne zufällige Beobachtungen weit entfernt vom Horst die Berechnung des Homerange mit der Methode des konvexen Polygons stark beeinflussen. Es wäre gut möglich, dass Jo ebenfalls Streifzüge gemacht hat, dabei aber nie beobachtet wurde. Andererseits zeigt sich an diesem Beispiel auch deutlich, wie stark die Methode einer Dichteverteilung von Parametern beeinflusst wird. Das durchschnittliche Homerange vergrössert sich bei Verdoppelung von Suchradius und Standardabweichung um durchschnittlich 221.1%. Es braucht gute Kenntnisse des Verhaltens der beobachteten Tierart, um mit einer Dichteverteilung zu einer guten Schätzung des Homerange zu gelangen.

Eine "richtige" Eingabe der Parameter gibt es noch nicht, vielmehr dürfte das effektiv genutzte Homerange irgendwo zwischen den für die Tiere angegebenen Flächen liegen. Diese Aussage bestätigen auch die Abb. 28 und 29, welche die Dispersion von Cic (BG 186) mit dem Kernel 50/25 und dem Kernel 25/12,5 zeigen. Während die Darstellung mit dem kleineren Parametern eine Form aufweist, welche das Verbreitungsgebiet differenzierter darstellt, wird bei einem Suchradius von 50 km beinahe nur noch eine Kreisform um den Aussetzungsort mit den häufigsten Beobachtungen berechnet. Dichteverteilungen stellen eben nur eine Schätzung dar und berücksichtigen nicht, dass die Verteilung der Beobachtungspunkte nicht zufällig ist.

Tab. 18 *Homeranges ausgewählter Bartgeier in den ersten drei Flugmonaten (in km²)*

Bartgeier	Monat	Homerange biv. Kernel 50/25	Homerange Kernel 25/12.5	Homerange Konv. Polygon
Settschient, m	Juli 91	7873.5	2094	791
BG 143	August 91	9069.5	3699	720
	September 91	11159.0	3748	601
Moische, f	Juli 91	8615.0	2346	577
BG 146	August 91	8822.0	3302	1320
	September 91	8758.0	2911	369
Margunet, m	Juli 91	11786.0	5043	5823
BG 149	August 91	14027.0	5528	2031
	September 91	12183.0	4235	1037
Jo, f	Juli 92	7869.0	1965	alle Beob. am selben Standort
BG 169	August 92	7355.0	1798	107
	September 92	8491.0	2404	67
Cic, m	Juli 93	7743.0	1993	31
BG 186	August 93	9266.0	2997	289
	September 93	7257.0	2216	157

Die bezüglich Verhalten der Tiere gestellte Frage nach der Dispersion der Bartgeier in den ersten drei Flugmonaten kann wie folgt erläutert werden: Mit Ausnahme von Jo (BG169) vergrössern alle Tiere vom Juli zum August ihr Homerange, während vom August zum September drei Tiere ihr Homerange verkleinern und drei weiter ausdehnen. Dazu ist zu bemerken, dass die Unterscheidung in Juli, August und September zur Unterscheidung von drei Zeitperioden nach anthropogenen Kriterien gewählt wurde. Es fanden auch keine Untersuchungen zu den Wetterverhältnissen in dieser Zeitspanne statt. Dass das Wetter auf das Flugverhalten der Bartgeier als ausgeprägten Thermikflieger einen grossen Einfluss hat, ist in den entsprechenden Fachkreisen unbestritten.³³

³³Haller H., Die Thermikabhängigkeit des Bartgeiers (*Gypaetus barbatus*) als mögliche Mitursache für sein Aussterben in den Alpen, *Der ornithologische Beobachter* 80,1983, p. 263 -272

Abb. 28 Dispersion von Cic (BG 186), Radius 50 km, Standardabw. 25 km)

Auftretensdichte in den ersten drei Flugmonaten
geschätzt mit bivariaten Normalverteilung
(Suchradius 50 km, Standardabweichung 25 km)

DGM RIMINI reproduziert mit Bewilligung
des BA für Landestopographie vom 22.12.1995

0 km 20 km 40 km

- Beobachtungen im Juli 1993
- Beobachtungen im August 1993
- Beobachtungen im September 1993
- Grenzen Schweizerischer Nationalpark
- 95% der Beobachtungen im Juli 1993
- 95% der Beobachtungen im August 1993
- 95% der Beobachtungen im September 1993

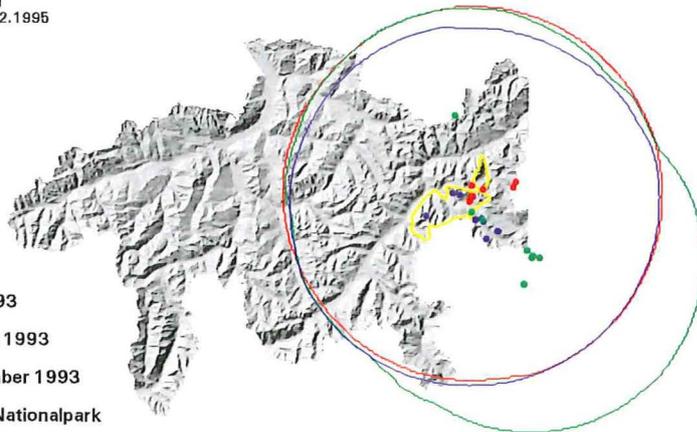


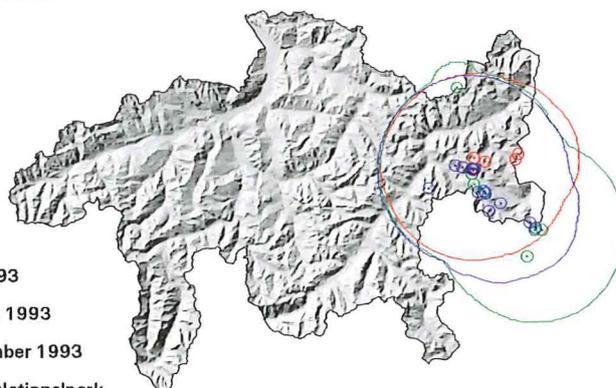
Abb. 29 Dispersion von Cic (BG 186), Radius 25 km, Standardabw. 12.5 km)

Auftretensdichte in den ersten drei Flugmonaten
geschätzt mit dem Kernel nach Worton
(Suchradius 25 km, Standardabweichung 12.5 km)

DGM RIMINI reproduziert mit Bewilligung
des BA für Landestopographie vom 22.12.1995

0 km 20 km 40 km

- Beobachtungen im Juli 1993
- Beobachtungen im August 1993
- Beobachtungen im September 1993
- Grenzen Schweizerischer Nationalpark
- 95% der Beobachtungen im Juli 1993
- 95% der Beobachtungen im August 1993
- 95% der Beobachtungen im September 1993



7.4.2. Vergleich der Methode des konvexen Polygons mit der Form der Streifzüge

Eine Betrachtung der Form des konvexen Polygons und der Verteilung der Bartgeierbeobachtung legt den Schluss nahe, dass diese Methode das Homorange nicht richtig beschreibt. Deshalb wurden die Daten in ihrer räumlichen und zeitlichen Abfolge analysiert und das Werkzeug (tool) 'space-and-time-analysis' entwickelt, das die Beobachtungen über einen gewissen Zeitraum sortiert und in der Reihenfolge des Beobachtungsdatums in einer Animation graphisch verbindet.

Abb. 30 zeigt das konvexe Polygon von Settschient (BG 143). Die Abb. 31 zeigt die Entwicklung der Streifzüge in der Zeit zwischen dem 1.1.91 und dem 1.10.94. Es wird deutlich gezeigt, dass Settschient (BG 143) immer wieder zum Aussetzungsort zurückkehrt und von dort aus einen neuen Streifzug startet. Herausragend sind die beiden Streifzüge in die Dolomiten, die genau 12 Monate auseinanderliegen. Längere Aufenthalte weit vom Aussetzungsort sind nicht die Regel. Dagegen kann ein Tier kurz nacheinander an weit auseinanderliegenden Orten beobachtet werden (Tab. 19). Die Interpretation der zeitlichen Abfolge der Beobachtungen ermöglicht es den Zoologen beispielsweise, Rückschlüsse auf die Bedeutung der in diesem Zeitraum genutzten Habitatstypen zu ziehen.

Tab. 19 Beobachtungen von Margunet (BG 149) zwischen dem 17. und 19.9.1991

Tag	Zeit	Ort
17.9.1991	12:00	Cresta Avers GR
18.9.1991	08:20	Val Lavinuoz, Lavin GR
18.9.1991	11:00	Tasna, Ftan GR
18.9.1991	11:15	Piz Daint, Tschier GR
19.9.1991	14:00	Cufercalhorn, Sufers GR

Abb. 30 *Homerange von Settschient (BG 143), dargestellt mit dem konvexen Polygon*

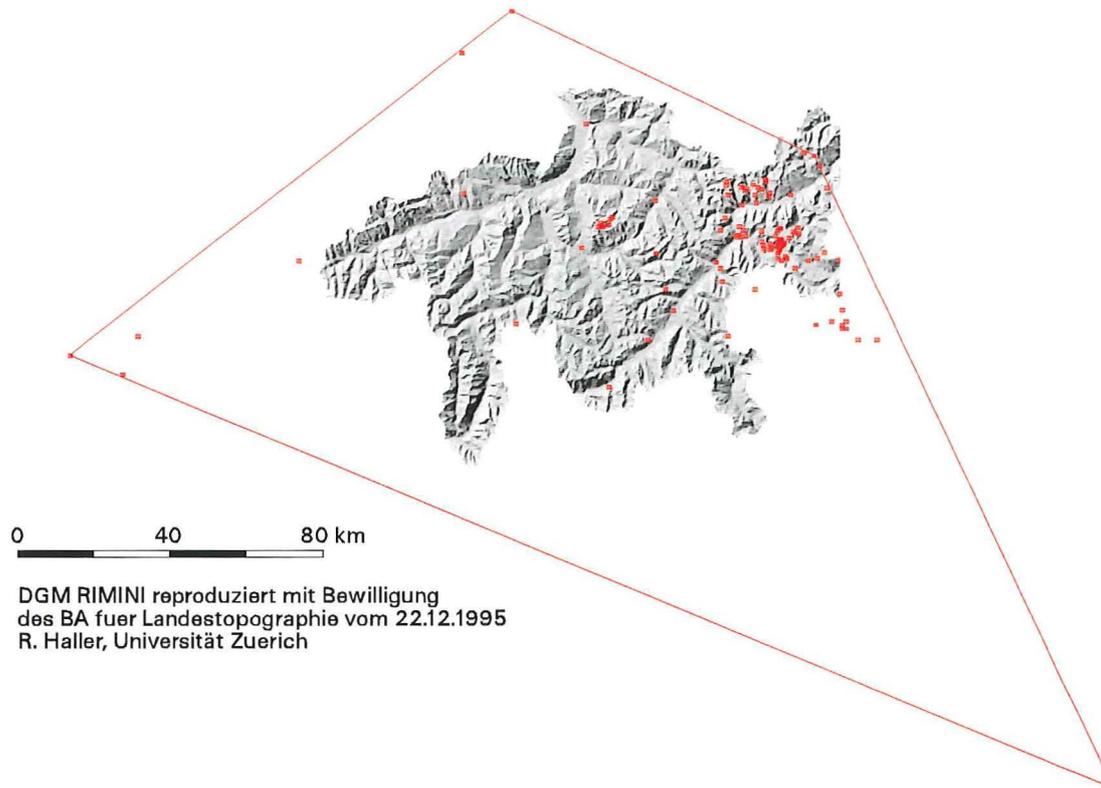
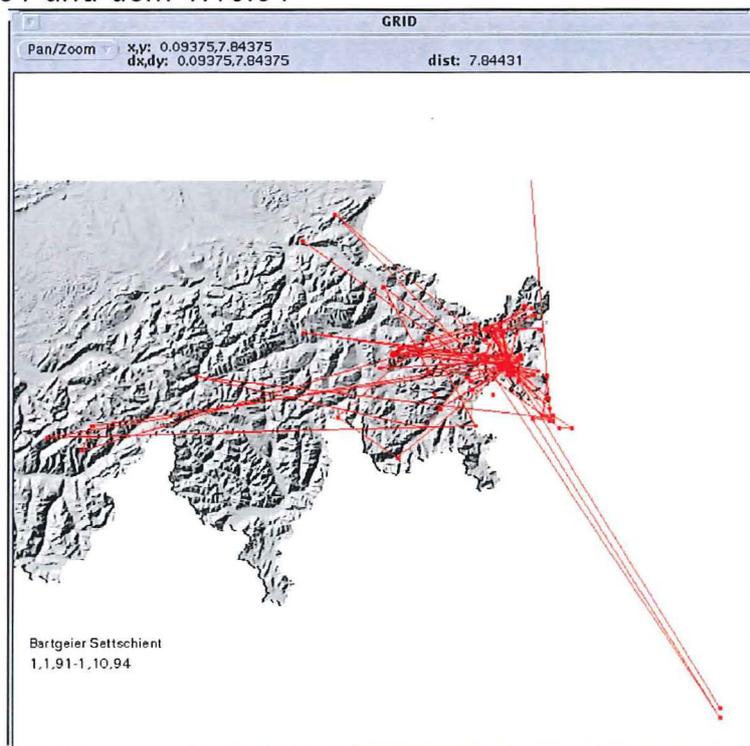


Abb. 31 *Entwicklung der Streifzüge von Settschient (BG 143) zwischen dem 1.1.91 und dem 1.10.94*



7.5. Multivariate Analyse des Habitats der Bartgeier in der Schweiz

Weil Gänsegeier ein ähnliches Habitat belegen wie Bartgeier, wurde der Versuch unternommen, den Habitat Suitability Index (HSI) von Bögel (1995)³⁴ für Bartgeier in seinen Grundstrukturen zu übernehmen und auf die Daten in der Schweiz anzupassen. Es muss dabei beachtet werden, dass die Gewichtung der einzelnen Faktoren den speziellen Eigenschaften des Bartgeiers angepasst werden müsste. So werden Hangaufwind und Thermikverhältnisse für den schwereren Bartgeier einen grösseren Einfluss auf die Wahl des Habitats haben als beim leichten Gänsegeier. Dazu fehlen aber die Untersuchungen. Ebenfalls nicht optimal präsentieren sich die geographischen Grunddaten für die Schweiz, aus welchen die Habitattypen abgeleitet wurden. Es standen die Arealstatistik, welche ursprünglich nicht für Anwendungen in der Wildforschung geplant wurde und das Geländemodell RIMINI zur Verfügung. Die 69 Grundkategorien der Arealstatistik wurden in 11 Klassen zusammengefasst (Tab. 20). Das Geländemodell RIMINI, welches eine Zellengrösse von 250 x 250 Metern aufweist, wurde auf 100 x 100 Meter interpoliert, um mit den Zellen der Arealstatistik bearbeitet werden zu können. Deshalb stellt dieser Versuch eher ein Beispiel einer multivariaten Analyse in einem GIS dar, und versucht zu zeigen, welche Voraussetzungen von der Wildforschungsseite geschaffen werden müssten, um das Habitat besser analysieren zu können.

Die Berechnung der einzelnen Faktoren und der Teilhabitats erfolgte im Modul GRID von ARC/INFO.

Tab. 20 Habitattypen, abgeleitet aus der Schweizerischen Arealstatistik

Habitattyp	Klasse
Obst & Rebbau	1
Wies- & Ackerland	2
Alp- & Juraweide	3
Siedlungen	4
Abbau & Deponie	5
Verkehrsflächen	6
Erholungsfläche	7
Wald (geschlossen)	8
Wald (aufgelöst)	9
Gewässer	10
unproduktive Vegetation	11

³⁴Bögel R., Untersuchungen zur Flugbiologie und Habitatnutzung von Gänsegeiern, Forschungsbericht der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden (Deutschland) Nr. 33, im Druck

Der Habitat Suitability Index wird wie folgt definiert:

$$\text{HSI} = \frac{P_{\text{Nahrung}} + P_{\text{Brut}} + P_{\text{Aufwind}}}{3} \quad (13)$$

P_{Nahrung} : Nahrungspotential

P_{Brut} : Brutnischenpotential

P_{Aufwind} : Aufwindpotential

7.5.1. Berechnung des potentiellen Nahrungsangebots

Das Nahrungsangebot wird im HSI nach folgender Formel definiert:

$$P_{\text{Nahrung}} = (P_{\text{Aas}} * P_{\text{Sicht}} * P_{\text{Warte}} * P_{\text{Stör}})^{1/4} \quad (14)$$

P_{Nahrung} : Nahrungspotential

P_{Aas} : Potentieller Kadaveranfall

P_{Sicht} : Sichtpotential

P_{Warte} : Potentielles Sitzwartenangebot

$P_{\text{Stör}}$: anthropogenes Störpotential

7.5.1.1. Potentieller Kadaveranfall

Der potentielle Kadaveranfall wird aus der Hangneigung nach folgender Formel geschätzt:

$$P_{\text{Aas}} = \sin(\text{slope}) + 0.015 \quad (15)$$

slope: Hangneigung

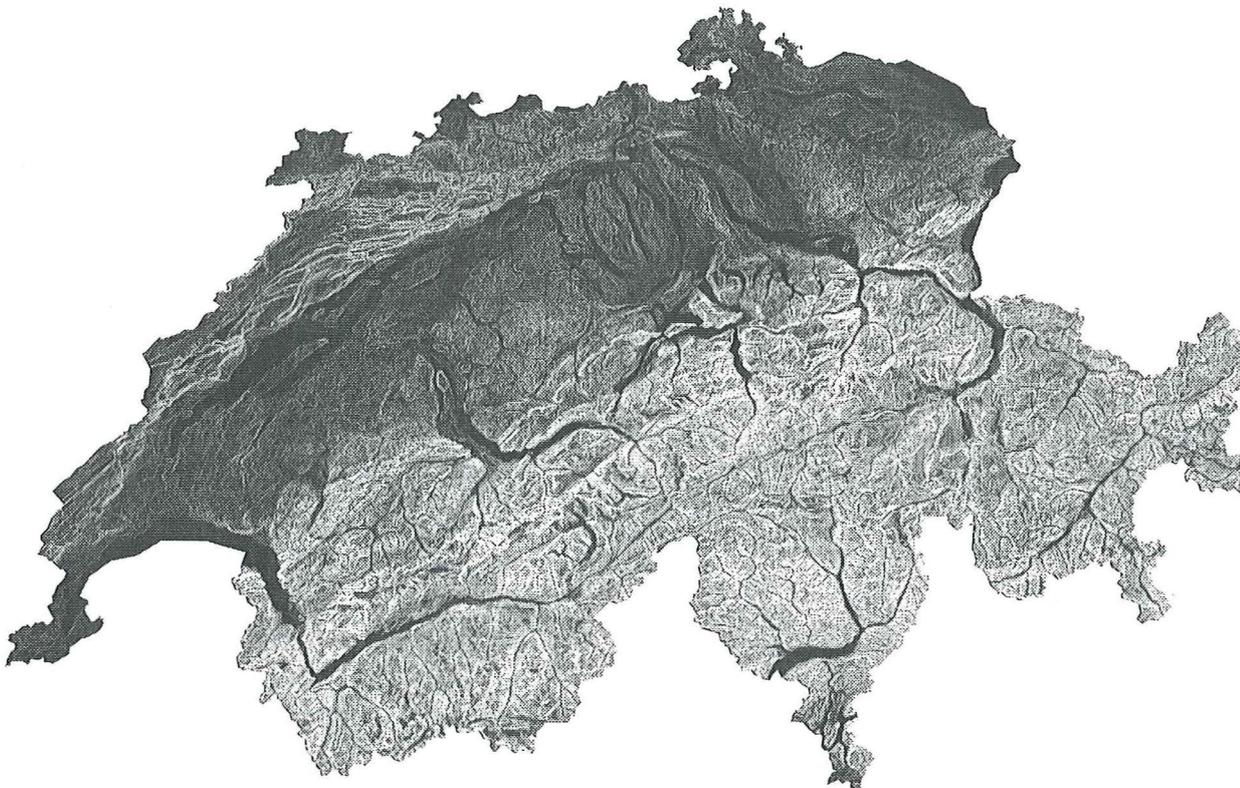
Diese Formel geht von der Annahme aus, dass Aas in steilem Gelände häufiger zu finden ist als in flachen Gebieten, wo aber ein spezifischer Faktor (0.015) eine gewisse Sterblichkeit ebenfalls berücksichtigt. Diese Annahme beruht auf der Erfahrung, dass vor allem Huftiere im Winter Lawinen zum Opfer fallen und dem Bartgeier als ideale Nahrungsgrundlage dienen.

Zur Bewertung des potentiellen Kadaveranfalls wurde im Grid die Funktion *slope*, welche die Hangneigung aus den Höhenpunkten interpoliert, für das

Geländemodell RIMINI angewendet und danach gemäss der Formel die Bewertung von PAas für die Schweiz vorgenommen.

Abb. 32 zeigt, dass in der Übersicht praktisch der ganze Alpenraum für diesen Faktor gut bewertet wird. Ausgeklammert bleibt die Frage, bis in welche Höhe potentielle Nahrung für den Bartgeier zu finden ist.

Abb. 32 Potentieller Kadaveranfall in der Schweiz (hell: gut bewertete Gebiete; dunkel: schlecht bewertete Gebiete)



7.5.1.2. Sichtpotential und Sitzwartenangebot

Für den Geier ist die Einsehbarkeit des Geländes zum Auffinden von Aas eine wesentliche Voraussetzung. Ebenso wird das Sitzwartenangebot in den HSI eingebunden, da der Geier aus einer gewissen Distanz zum Aas seine eigene Sicherheit prüfen will. Die Tab. 21 und 22 zeigen die Beurteilung dieser beiden Kriterien für die 11 verschiedene Habitattypen, zusammengefasst aus den Nutzungskategorien der Schweizerischen Arealstatistik (Kap. 6.4.3.). Dabei ist zu

beachten, dass die Bewertung aufgrund der Hangneigung und Strukturparametern für die 11 Klassen nur grob geschätzt wurde.³⁵

Tab. 21 Sichtpotential beurteilt für 11 Habitattypen

Habitattyp	Hangneigung							
	Klasse	<10°	<20°	<30°	<40°	<50°	<60°	≥60°
Obst & Rebbau	1	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Wies- & Ackerland	2	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1
Alp- & Juraweide	3	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1
Siedlungen	4	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Abbau & Deponie	5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Verkehrsflächen	6	1	1	1	1	1	1	1
Erholungsfläche	7	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1
Wald (geschlossen)	8	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Wald (aufgelöst)	9	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
Gewässer	10	1	1	1	1	1	1	1
unproduktive Vegetation	11	1	1	1	1	1	1	1

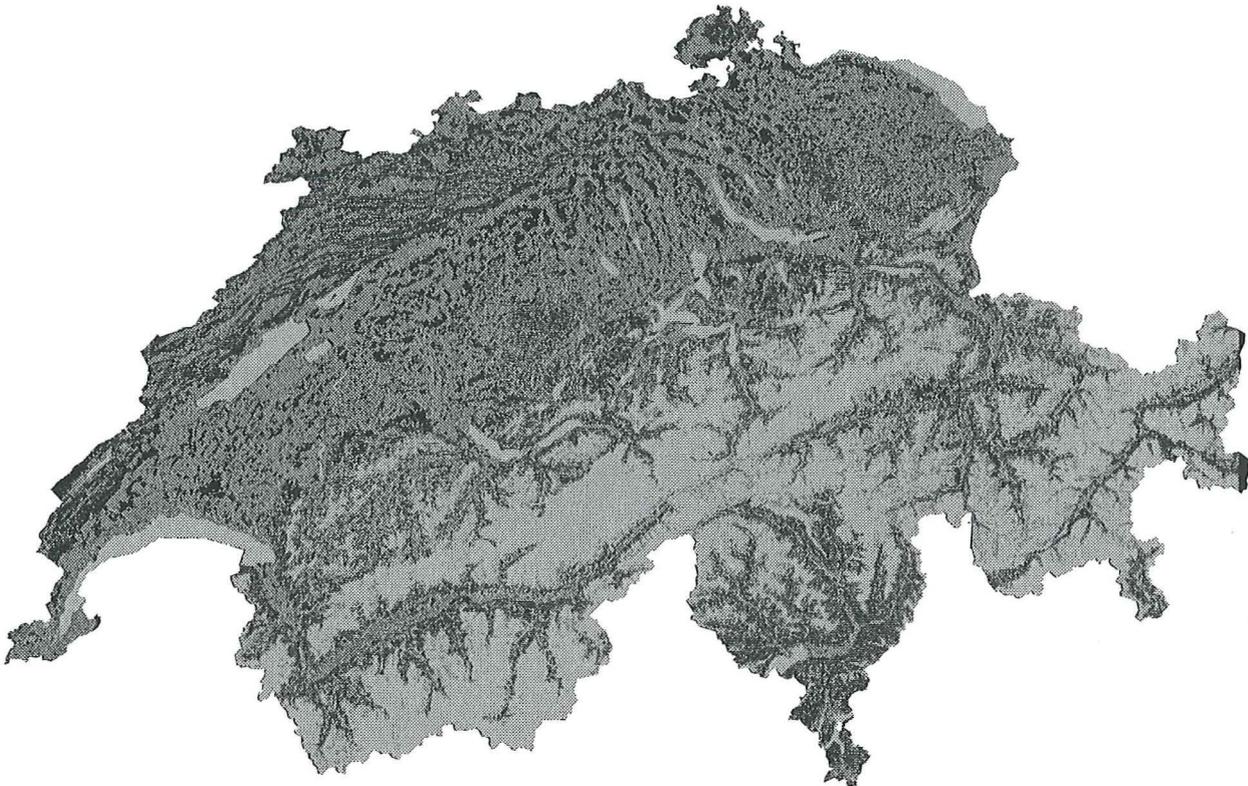
Tab. 22 Sitzwartenangebot beurteilt für 11 Habitattypen

Habitattyp	Hangneigung							
	Klasse	<10°	<20°	<30°	<40°	<50°	<60°	≥60°
Obst & Rebbau	1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Wies- & Ackerland	2	0	0	0	0	0	0	0
Alp- & Juraweide	3	0	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Siedlungen	4	1	1	1	1	1	1	1
Abbau & Deponie	5	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Verkehrsflächen	6	0	0	0	0	0	0	0
Erholungsfläche	7	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Wald (geschlossen)	8	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Wald (aufgelöst)	9	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Gewässer	10	0	0	0	0	0	0	0
unproduktive Vegetation	11	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1

Beim Sichtpotential (Abb. 33) fällt auf, dass weite Teile des Tessins schlecht bewertet werden. Dichter Wald und geringe Hangneigung dürften für den Bartgeier weniger einsehbar sein und ein Hindernis darstellen, Nahrung zu finden. Ob dies die richtige Erklärung für das gänzliche Fehlen von Beobachtungen von Bartgeiern im Tessin ist (Abb. 25), kann beim jetzigen Stand des Monitorings noch nicht schlüssig beantwortet werden, da keine Untersuchungen darüber vorliegen, weshalb im Tessin praktisch keine Beobachtung gemeldet wurde.

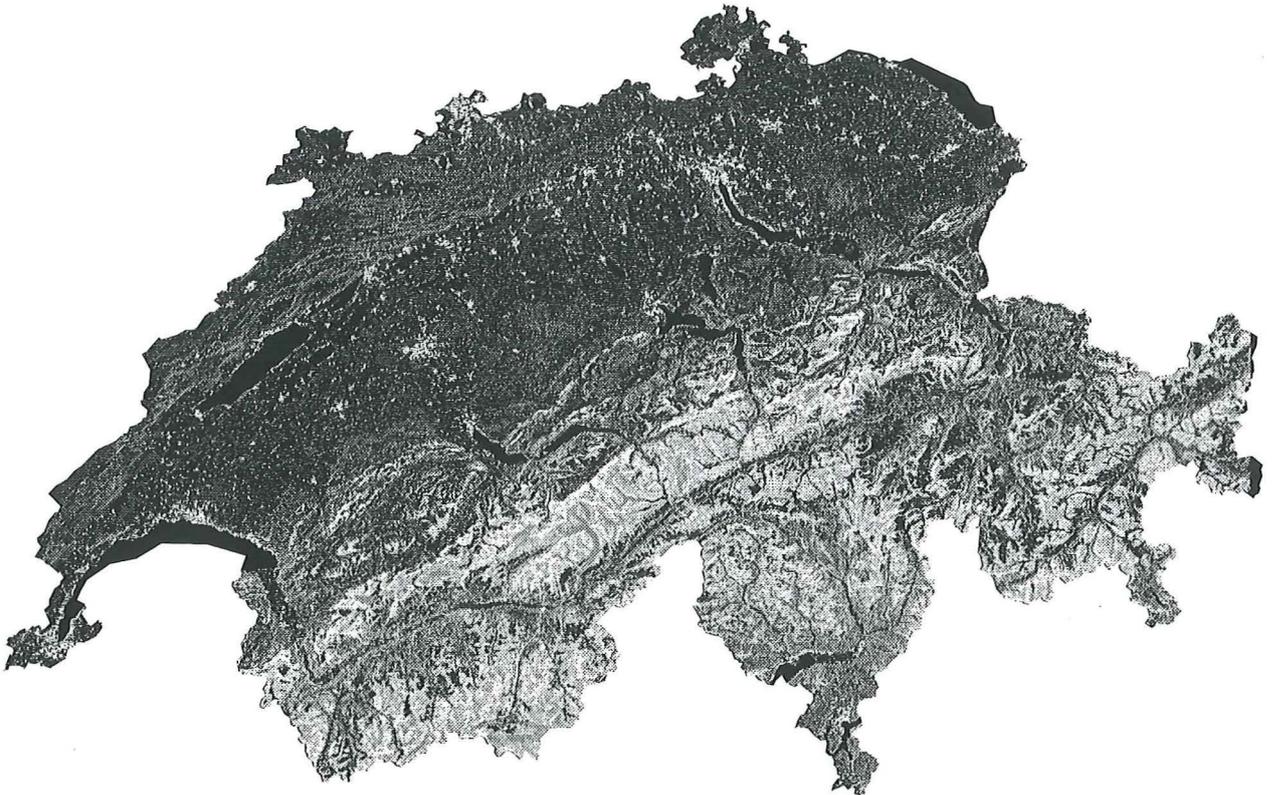
³⁵ vergleiche auch Bögel R., Untersuchungen zur Flugbiologie und Habitatnutzung von Gänsegeiern, Forschungsbericht der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden (Deutschland) Nr. 33, im Druck

Abb. 33 Sichtpotential für den Bartgeier in der Schweiz (hell: gut bewertete Gebiete; dunkel: schlecht bewertete Gebiete)



Beim Sitzwartenangebot (Abb. 34) werden vor allem steile Gebiete mit oder ohne Vegetation gut bewertet. Auffallend ist auch, dass die dicht besiedelten Gebiete im Mittelland als gute Sitzgelegenheiten beurteilt werden, da Gebäude eigentlich dem Bartgeier ideale Wartepositionen bieten würden. Um diese unmögliche Annahme, das potentielle Habitat der Bartgeier in Bezug auf die Nahrung könnte sich auch auf Siedlungen beziehen, zu eliminieren, wurde in der Bewertung des Nahrungspotentials ein multiplikativer Ansatz gewählt. Das Störpotential bewertet diese Gebiete mit dem Index 0, und dadurch wird das potentielle Habitat in Bezug auf die Nahrung in diesen Zellen ebenfalls 0 sein.

Abb. 34 Sitzwartenangebot für den Bartgeier in der Schweiz (hell: gut bewertete Gebiete; dunkel: schlecht bewertete Gebiete)



7.5.1.3. Anthropogenes Störpotential

Das anthropogene Störpotential ergibt sich aus folgender Formel:

$$P_{St\ r} = \left(\frac{e_{Siedlung}}{e_{Siedlung} + e_{Flucht}} \right)^2 \quad (16)$$

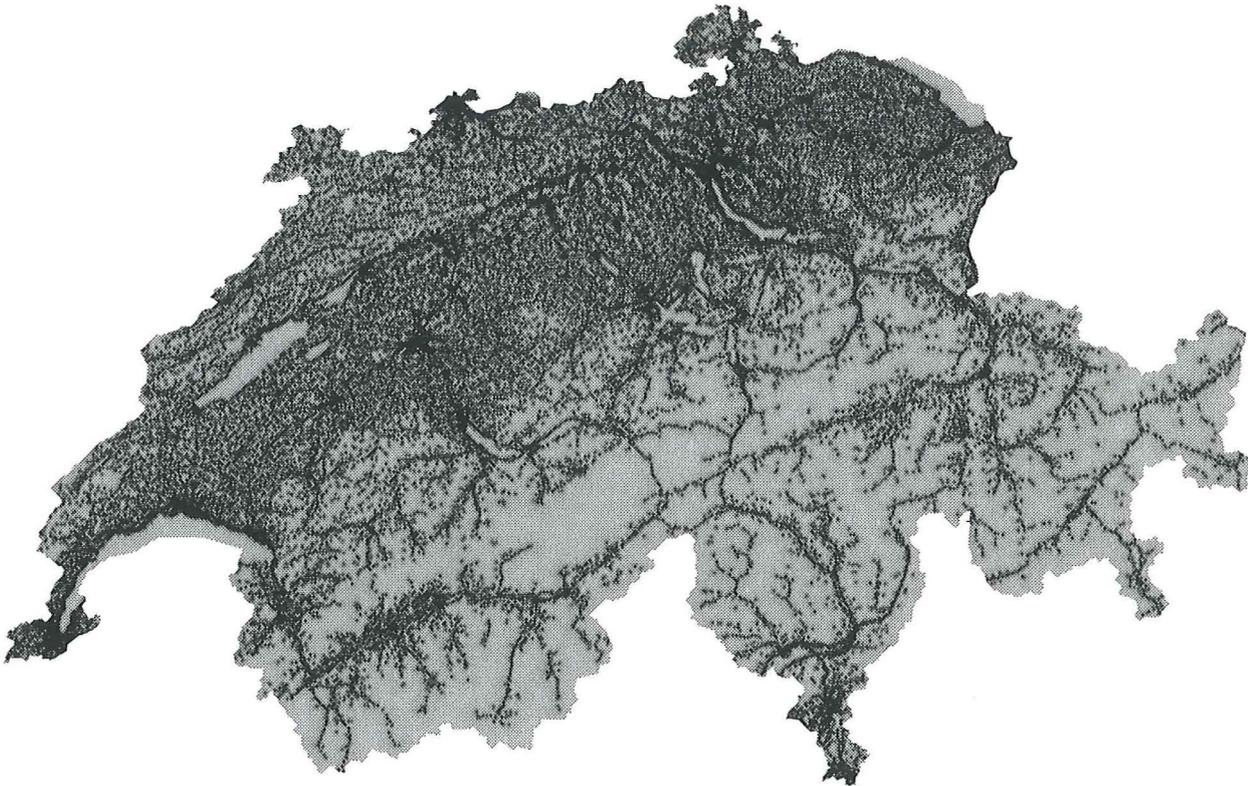
$e_{Siedlung}$ = Entfernung zur menschlichen Einrichtungen

e_{Flucht} = Fluchtdistanz (100 Meter)

Aus den 11 Klassen wurde die Klasse 4 (Siedlungen) herausgezogen. Erneut konnte eine Gridfunktion (*eucallocation*), welche die Distanzen zum nächsten Punkt berechnet, genutzt werden. Es entstand ein Grid, in dem jede Zelle den Wert

enthält, welcher die Distanz zur nächsten Siedlung angibt. Dieses Grid wurde für die Berechnung des Störpotentials angewendet.

Abb. 35 Störpotential durch den Mensch für den Bartgeier (hell: gut bewertete Gebiete; dunkel: schlecht bewertete Gebiete)

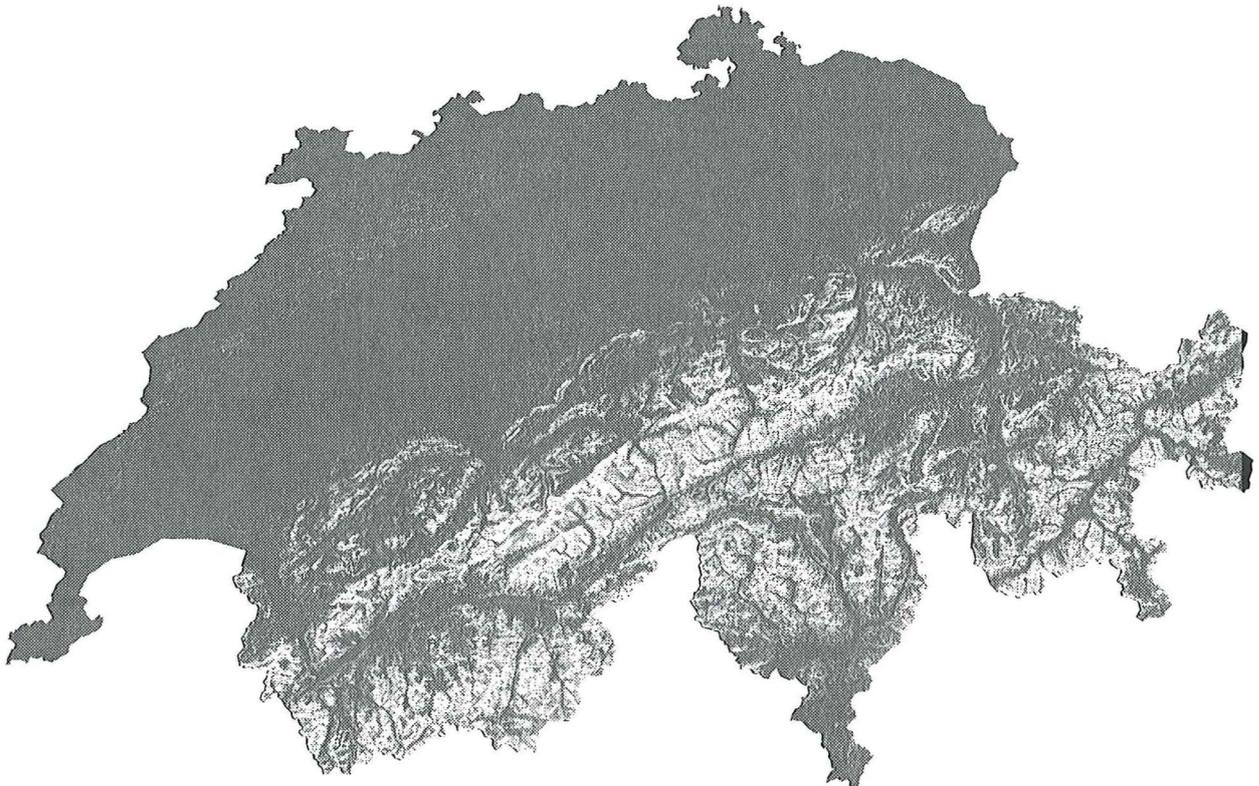


Das Störpotential (Abb. 35) widerspiegelt die Siedlungsstruktur der Schweiz. Gut bewertet werden die höheren, dünn besiedelten Regionen der Alpen und Teile des Juras. Die Seen werden ebenfalls gut bewertet, was natürlich wenig Sinn macht.

7.5.1.4. Bewertung des potentiellen Nahrungsangebots

Durch das multiplikative Verfahren in der Bewertung des Nahrungsangebots werden Gebiete, die von einem Faktor als ungeeignet (Wert 0) beurteilt werden, auch im potentiellen Nahrungsangebot mit 0 bewertet. Abb. 36 gibt einen Überblick, wo in der Schweiz Nahrung für den Bartgeier vorhanden sein könnte. Sehr gut werden Gebiete in den steilen, waldfreien Gebieten des Alpenhauptkammes bewertet, die wenig Störungspotential aufweisen. Gut bewertet werden Gebiete südlich des Alpenhauptkammes, darunter auch der Aussetzungsort der Bartgeier im Schweizerischen Nationalpark. Schlecht wird erwartungsgemäss das Mittelland und das Südtessin bewertet.

Abb. 36 Nahrungspotential für den Bartgeier in der Schweiz (hell: gut bewertete Gebiete; dunkel: schlecht bewertete Gebiete)



7.5.2. Potential für Brutnischen

Das Angebot und die Nutzbarkeit von Brutnischen wird nach der folgenden Formel beurteilt:

$$P_{\text{Brut}} = (P_{\text{Nische}} * P_{\text{Stör}} * P_{\text{Höhe}})^{1/3} \quad (17)$$

P_{Brut} : Brutnischenpotential i.w.S.

P_{Nische} : Brutnischenpotential i.e.S.

$P_{\text{Stör}}$: anthropogenes Störpotential

$P_{\text{Höhe}}$: Höhenabhängigkeit der Brutplätze in Bezug auf das Nahrungsgebiet

Das Störpotential wird erneut in die Berechnung der geeigneten Brutnischengebiete miteinbezogen, da eine Brutnische nur dann genutzt wird, wenn das anthropogene Störpotential vernachlässigbar ist. Gleichzeitig muss sie in relativ geringer Höhe in Bezug auf das umliegende Nahrungsgebiet liegen, denn Bartgeier bevorzugen Brutplätze, welche tiefer liegen als das umliegende Nahrungsgebiet, um die Beute nicht nach oben zum Brutplatz bringen zu müssen. Bögel bewertet in seiner Arbeit die Nutzungswahrscheinlichkeit für Brutplätze 500 m über dem Talgrund als optimal, mit einer steil abfallenden Nutzungswahrscheinlichkeit gegen 0 Meter über dem Talgrund. Für Gebiete über 500 Meter über dem Talgrund wird die Nutzungswahrscheinlichkeit abnehmend beurteilt und erreicht die Wahrscheinlichkeit 0 bei ca. 2230 Metern. Seine Berechnungen beziehen sich auf ein kleines Gebiet in den Bayrischen Alpen. Da keine Angaben zur Höhe über dem Talgrund für die ganze Schweiz verfügbar waren, konnte dieser wichtige Faktor nicht in die Bewertung miteinbezogen werden.

So wurde für die Bewertung des Brutnischenpotentials nur eine Bewertung der 11 Habitattypen aufgrund ihrer Hangneigung vorgenommen, ausgehend von den Erfahrungswerten, welche von Brutplätzen ausserhalb der Schweiz gewonnen wurden (Tab. 23). Dabei werden steile, felsige Gebiete eher genutzt als flachere. Viele Habitattypen kommen für einen Brutplatz nicht in Frage.

Tab. 23 Brutnischenangebot (P_{Nische}) beurteilt nach 11 Habitattypen

Biotoptyp	Hangneigung							
	Klasse	<10°	<20°	<30°	<40°	<50°	<60°	≥60°
Obst & Rebbau	1	0	0	0	0	0	0	0
Wies- & Ackerland	2	0	0	0	0	0.1	0.2	0.3
Alp- & Juraweide	3	0	0	0	0	0.1	0.2	0.3
Siedlungen	4	0	0	0	0	0	0	0
Abbau & Deponie	5	0	0	0	0	0	0	0
Verkehrsflächen	6	0	0	0	0	0	0	0
Erholungsfläche	7	0	0	0	0	0	0	0
Wald (geschlossen)	8	0	0	0	0	0	0	0
Wald (aufgelöst)	9	0.3	0.4	0.5	0.6	0.1	0.2	0.3
Gewässer	10	0	0	0	0	0	0	0
unproduktive Vegetation	11	0	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1

Abb. 37 Brutnischenpotential (P_{Brut}) des Bartgeiers in der Schweiz (hell: gut bewertete Gebiete; dunkel: schlecht bewertete Gebiete)

Beim aktuellen Stand des Monitorings der Bartgeier können für die Schweiz noch keine aktuellen Brutnischen in die Bewertung miteinbezogen werden, da die ausgesetzten Tiere noch nicht geschlechtsreif sind. Es wird deshalb interessant sein, ob die Bartgeier ihre Horste wirklich an den in Abb. 37 als gut bewerteten Gebieten wählen werden. Die am besten bewerteten Gebiete liegen im steilen, weit von menschlichen Einrichtungen liegenden Habitattyp "unproduktive Vegetation".

7.5.3. Aufwindpotential

Zur Beurteilung des Habitats werden auch die Windverhältnisse bewertet. Bögel unterscheidet bei Aufwindpotential die zwei Parameter Hangaufwind und die Thermik mit folgender Formel:

$$P_{\text{Aufwind}} = P_{\text{Thermik}} * P_{\text{Hangaufwind}} \quad (18)$$

P_{Aufwind} : Aufwindpotential

$P_{\text{Hangaufwind}}$: Aufwindpotential durch Hangaufwinde

P_{Thermik} : Aufwindpotential durch Thermik

Der Hangaufwind wird mit folgender Formel bewertet:

$$P_{\text{Hangaufwind}} = \sqrt{\frac{V_{\text{Wind}} * \sin(\text{slope}) * \cos(\text{pos}(\alpha_{\text{Wind}} - \text{expos}))}{V_{\text{Wind}} + 1}} \quad (19)$$

slope: Hangneigung der luvseitigen Hänge

V_{Wind} : Windgeschwindigkeit

α_{Wind} : Windeinfallrichtung

expos: Hangexposition

pos(x): positiver Anteil von X (für $X < 0$ ist $\text{POS}(X) = 0$)

Das Hangaufwindpotential ($P_{\text{Hangaufwind}}$) wurde in die Betrachtung nicht miteinbezogen. Es erschien zu gewagt, diesen Faktor so grossflächig aus wenigen Messstationen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt zu interpolieren, ohne die Methoden exakt zu evaluieren. Dies aber hätte den Rahmen dieser Diplomarbeit bei weitem gesprengt, und muss im Rahmen des Bartgeier-Monitorings weiterbearbeitet werden (Kap. 9).

Das Thermikpotential wird aus dem geschätzten Albedowert des Habitattyps, der potentiellen Strahlung und der effektiven Sonnenscheindauer berechnet. Die

Albedo bezeichnet das Verhältnis der reflektierten zur einfallenden kurzwelligigen Strahlung. Es ist klar, dass die Albedo auch innerhalb eines Vegetationstyps unterschiedlich sein kann. Zudem verändert sich die Albedo im Laufe eines Jahres, bedingt durch die Vegetationsänderungen. Als Grundlage für eine Schätzung der Albedowerte für die 11 Habitattypen diente eine Berechnung von Brutsaert.³⁶ Zu beachten ist, dass in diese Berechnung die Klasse Schnee, die einen von den übrigen Habitattypen stark abweichenden Albedowert aufweist, miteinfließt.

Der Habitatwert (c_{hab}) wurde aus den Albedowerten wie folgt abgeleitet:

$$c_{hab} = (100 - \text{Albedowert} / 90)^2 \quad (20)$$

Tab. 24 Konstanter Faktor c_{hab} , geschätzt aus den Albedowerten für die 11 Habitattypen und Schnee

Habitattyp	Geschätzter Albedowert	c_{hab}
Obst & Rebbau	25	7
Wies- & Ackerland	20	8
Alp- & Juraweide	20	8
Siedlungen	15	9
Abbau & Deponie	30	6
Verkehrsflächen	15	9
Erholungsfläche	30	8
Wald (geschlossen)	15	9
Wald (aufgelöst)	15	9
Gewässer	5	10
unproduktive Vegetation	30	6
Schnee	80	0.05

Das Thermikpotential berechnet sich mit den Formeln:

Für sonnenzugewandte Hänge:

$$P_{\text{Thermik}} = \frac{c_{hab} * \cos(\text{abs}(\alpha_s - \text{expos})) * \sin(\text{pos}(\beta_s - \text{slope})) * d}{d + 1} \quad (21)$$

³⁶Brutsaert W., Evaporation into the atmosphere, Dordrecht, 1982

Für sonnenabgewandte Hänge:

$$P_{\text{Thermik}} = \frac{\text{Chab} * \cos(\text{pos}(\alpha_s - \text{expos})) * \sin(\text{pos}(180 - \beta_s - \text{slope})) * d}{d + 1} \quad (22)$$

Chab: Habitatspezifischer Bewertungsfaktor (vergl. Tab 24)

α_s : Sonneneinfallrichtung

expos: Exposition

β_s : Sonnenstand (Höhe über Horizont)

slope: Hangneigung

pos(X): positiver Anteil für X (für $X < 0$ ist POS(X) = 0)

d: orographische Sonnenscheindauer

Zur Berechnung der Strahlung und der orographischen Sonnenscheindauer konnte auf eine interaktive Benutzeroberfläche zurückgegriffen werden, die Andreas Bachmann in seiner Diplomarbeit verwendet hat.³⁷ Berechnet wurde das Thermikpotential für den 7. Juli 1993. Auffallend ist die schlechte Bewertung der schneebedeckten Gebiete in den Alpen, die auf die Albedo von Schnee zurückzuführen ist (Abb. 38).

³⁷Bachmann A., Verdunstungsmodellierung im unteren Thurgau, 1994

Abb. 38 Thermikpotential für den Bartgeier am 7. Juli 1993 (hell: gut bewertete Gebiete; dunkel: schlecht bewertete Gebiete)



7.5.4. Beurteilung des HSI für die Schweiz

Eine abschliessende Bewertung des Habitats für den Bartgeier kann nicht gemacht werden. Zu viele Faktoren sind unsicher, die Basisdaten sind zu wenig spezifisch auf den Bartgeier ausgerichtet. Deshalb wurde auf eine Schlussdarstellung mit der Addition sämtlicher Faktoren verzichtet. Denn dies würde implizieren, dass alle Faktoren für jede Raumeinheit (100 x 100 Meter) im gleichen Masse vorhanden sein müssen. Dies ist aber nicht der Fall: gute Thermikhänge müssen nicht zwingend gute Brutplätze bieten. Entscheidend für die Qualität des Habitats ist demnach das optimale Nebeneinander der einzelnen Faktoren. Weitere Erkenntnisse im Rahmen des Schweizerischen Bartgeier-Monitorings und differenziertere Modelle können zu Verbesserung dieser multivariaten Analyse führen.

8. Schlussfolgerungen

8.1. Beurteilung der Homerangeanalysen

In den vorhergehenden Kapiteln wurde versucht, die Vor- und Nachteile der verschiedenen Homerangemethoden angewandt an einzelnen Beispielen zu vergleichen. Dabei wurde gezeigt, dass je nach Tierart, Fragestellung und Datenlage unterschiedliche Methoden den jeweils besten Lösungsansatz bieten. Sind wenige Daten zur Beantwortung einer Fragestellung vorhanden, ist das konvexe Polygon ein Lösungsansatz, sind viele Daten vorhanden, kann eine Dichteverteilungsfunktion im TIN die Raumstruktur am besten wiedergeben. Die Vorteile, die ein GIS bietet, sind einerseits die direkte Vergleichbarkeit der Methoden und andererseits der Vergleich der Daten mit den Habitattypen. Dadurch, dass die Beobachtungsdaten mit Unterstützung von geographischen Basisdaten (Geländemodell, Vegetation, ...) ausgewertet werden können, bietet sich die Möglichkeit, die Wahl der Methode den spezifischen Gegebenheiten anzupassen. Z. B. kann die Wahl der Auswertungsmethode durch Kenntnis der topographischen Verhältnisse, wie am Beispiel des Steinbocks Nr. 15 im Val Müschauns gezeigt wurde, beeinflusst werden.

Obwohl diese wenigen Beispiele keine statistisch belegbaren Aussage zulassen, scheinen Methoden der Dichteverteilung, die erstens eine differenzierte Aussage zur inneren Ausprägung des Homerange zulassen und zweitens Homerange und Umgebung zur Analyse am besten geeignet zu sein. Dabei sind der Suchradius, die Distanz, in welcher die Nachbarpunkte in die Betrachtung miteinbezogen werden, und die Standardabweichung die wesentlichen Faktoren für die Grösse der berechneten Fläche. Die sinnvolle Wahl dieser Werte setzt spezifische Kenntnisse der Tierart voraus. Bis jetzt ist keine Methode bekannt, die diese beiden Variablen systematisch und bestimmt. Auch in anderen Bereichen spielen menschliche Annahmen und Einflüsse eine Rolle : Die Anzahl der Beobachtungen und die Dauer der Beobachtung können die Grösse des Homeranges ebenfalls beeinflussen. Jedes Modell, und die Homerangeanalyse bildet da keine Ausnahme, bietet nur eine Annäherung an die Wirklichkeit aber auch einen Ansatz zum besseren Verständnis.

8.2. Beurteilung der Habitatanalysen

Aus der Fülle der Analysemöglichkeiten für die Bewertung des Habitats wurden zwei Beispiele herausgegriffen, die dokumentieren, in welche Richtung sich dieser Bereich beim Einsatz eines GIS entwickeln könnte. Die Präferenzanalyse, dokumentiert mit dem χ^2 -Test, stellt ein Beispiel dar, welches eine Verbindung von Homerange- und Habitatanalyse zeigt. Resultate, in diesem Beispiel ist es die geschätzte Umrisslinie eines Homerange, können direkt in die Habitatanalyse einbezogen werden.

Multivariate Analysen sind die Bereiche, in denen das GIS bisher in der Wildforschung am meisten zum Einsatz gekommen ist. Nur ein GIS bietet die Möglichkeit, komplexe Habitatmodelle, wie sie am Beispiel des Bartgeiers dargestellt wurden, flächendeckend zu bearbeiten und zu verwalten. Das grösste Problem stellen dabei die Datengrundlagen für die Modelle dar. Die Modelle basieren meistens auf Habitattypen, welche tierartspezifisch ausgewählt wurden. Basisdaten in kleinen Massstäben sind vor allem in Bezug auf wirtschaftsgeographische und physisch-geographische Fragestellungen aufgenommen worden. Aus diesen Daten müssen die Habitattypen und ihr Bewertungsfaktor herausgezogen werden, das heisst, ein HSI-Modell muss in Bezug auf die bestehenden Basisdaten optimiert werden. Ermöglicht wird dies unter anderem durch Präferenzanalysen. In diesem Sinne stellt die Präferenzanalyse auch wieder einen Übergang zu den multivariaten Analysen in einem GIS dar. Das vorgestellte Modell der Bartgeier wurde bisher in der Schweiz noch auf keine der verschiedenen Variablen getestet und stellt somit erst ein Methodenvorschlag dar.

8.3. Beurteilung des Einsatzes eines GIS in der Wildforschung

Ein Ziel dieser Arbeit war, das GIS in Kreisen der Wildforschung bekannt zu machen und seine Möglichkeiten im Bezug auf Fragestellungen aus diesem Fachgebiet zu testen. In einer Diskussionsrunde zum Themenkreis GIS in der Wildforschung (Homerange- und Habitatanalysen), mit Vertretern und Vertreterinnen der Abteilung für Ethologie und Wildforschung und des Geographischen Instituts der Universität Zürich, wurde versucht, GIS und Wildforschung zu verknüpfen. Einer anfänglichen Skepsis auf beiden Seiten wich das Vertrauen in ein Instrument, das, wenn es richtig eingesetzt wird, in vielen Fragestellungen in Bezug auf das Homerange und das Habitat Lösungsansätze bieten kann.

Diese Arbeit hat verschiedene Möglichkeiten gezeigt, wie mit Hilfe eines GIS Daten aus der Wildforschung bearbeitet werden können. Punkte können auf Flächen extrapoliert und daraus Umrisslinien berechnet werden, welche im die Fläche eines Homeranges darstellen. Auf der anderen Seite können Habitattypen in Bezug auf eine Tierart beschrieben und bewertet werden. Der entscheidende Vorteil des GIS besteht aber darin, dass sich die beiden Teile rechnerisch verknüpfen lassen.

Falls es die Datenlage zuließe, wurde zur Beurteilung eines Homerange zusätzliche Informationen der Habitattypen miteinbezogen. Die Wahl der Analysemethode ist abhängig vom Raumbezug der Beobachtungspunkte, das heißt, es ist entscheidend, wo die Punkte liegen, denn sie bestimmen die Form des Homerange. Durch die Berechnung des Homeranges werden Grundlagen geschaffen, welche eine Präferenzanalyse in Bezug auf einen Habitattyp - bestehend aus einem Standortfaktor oder einer Kombination von Standortfaktoren - zulassen. Die Präferenzanalyse ihrerseits stellt eine Grundlage zum Aufbau einer multivariaten Analyse dar. Das GIS bildet ein System, das alle Komponenten miteinander verbindet. Das birgt den Vorteil, dass alle Daten innerhalb einer Datenstruktur verwaltet werden und die Daten deshalb beinahe beliebig miteinander verknüpfbar sind. Einige Ansätze dazu wurden in dieser Arbeit verwirklicht.

Ein Problem stellte die in der Literatur angetroffene Fülle der Analysemethoden bei der Bewertung von Habitaten dar. Dadurch wurde es schwierig, diese Methoden ähnlich wie die Homerangeanalyse-methoden in eine GIS aufzunehmen. Es hätte den Rahmen einer Diplomarbeit gesprengt, alle Varianten von Habitatanalysen zu testen. So blieb es bei der subjektiven Auswahl von zwei Beispielen.

9. Ausblick

Ziel dieser Arbeit war, einen Einstieg in das Thema der Nutzung von Geographischen Informationssystemen im Bereich der Wildforschung zu vollziehen. Dieses Ziel war sehr offen formuliert, und es stellte sich bald heraus, dass viele Fragen, welche im Zusammenhang mit Homerange und Habitatanalysen in GIS auftauchen, nicht oder nur am Rande gestreift werden konnten. Obwohl Habitatbewertungen und multivariate Analysesysteme bis hin zu GIS-Managementsystemen zur Unterstützung eines Monitorings in Zukunft die häufigsten GIS-Anwendungen in der Wildforschung ausmachen werden, wurden in dieser Arbeit vor allem Homerangeanalysen bearbeitet, da sie eine wesentliche Voraussetzung zur Bildung von sinnvollen Bewertungen von Habitaten darstellen. Mit der Implementation des χ^2 -Tests wurde ein Übergang dargestellt, wie die verschiedenen Bereiche ineinander überführt werden können.

Für die Zukunft stellt sich die Frage, wie sich Erkenntnisse aus der Homerangeanalyse weiterverarbeiten lassen, so dass sie in eine multivariate Analyse einer Tierart miteinbezogen werden können. Ein Problem stellt dabei die Fülle von Habitatanalysen im Bereich der Präferenz und der Präsenz/Absenz dar. Hier wäre es wünschenswert, dass sich in den nächsten Jahren einige Methoden herauskristallisieren. Ein Mindestmass an Systematisierung wäre in diesem Bereich notwendig, um danach multivariate Analysen zu einzelnen Tierarten aufbauen zu können. Damit könnte auch die Applikation GAUDIS, welche im Moment noch weit davon entfernt ist, operationell in der Wildforschung eingesetzt werden zu können, mit weiteren Habitatanalyse-Funktionen ausgebaut werden. Ohne diese Operationalisierung und dem Ausbau eines Systems wie GAUDIS wird es auch in Zukunft kaum möglich sein, in der Wildforschung Geographische Informationssysteme und namentlich ARC/INFO mit allen Möglichkeiten zur Analyse zu nutzen. GAUDIS könnte z. B. mit dem Einbau einer Monte-Carlo-Simulation zum Testen der geeigneten Methode zur Homerangeanalyse ausgebaut werden.³⁸

In der Schweiz wird der Aufbau langfristiger Monitoringprogramme für verschiedene "Problem"-Tierarten (Luchs, Wolf, Bär) in Betracht gezogen. Ein GIS könnte dabei wertvolle Unterstützung bieten. Fachkräfte aus der Wildforschung und

³⁸Worton B. J., Using Monte Carlo Simulation to Evaluate Kernel Based Home Range Estimators, 1995, J. Wildl. Manag., p. 794-800

GIS-Spezialisten müssten ein Konzept entwickeln, wie die Daten erfasst, ins GIS integriert, ausgewertet und publiziert werden. Das GIS könnte dabei integrierend für verschiedene Projekte wirken, welche im Rahmen eines solchen Monitorings durchgeführt würden. Redundanzen in Bezug auf die Datenverwaltung könnten vermieden und Ergebnisse miteinander verglichen werden. Das GIS selbst könnte für verschieden Analysen genützt werden. Z. B. könnten potentielle Aufenthaltsgebiete mit Wahrscheinlichkeitsmodellen berechnet werden, die mit Hilfe von Daten aus dem Ausland aufgebaut werden könnten. Mit Hilfe dieser Berechnungen könnten auf der einen Seite Gebiete vorgeschlagen werden, wo die Tierart vollständig geschützt werden müsste, auf der anderen Seite wäre es auch möglich, Konfliktgebiete auszuschneiden, wo die Tierart aufgrund anthropogener Interessen nicht unter Schutz gestellt werden kann. Erkenntnisse aus diesen Berechnungen könnten in die Regionalplanungen der betroffenen Regionen miteinfließen.

Im Rahmen dieser Monitoringprogramme wäre es auch möglich,, tierartspezifische Auswertungen zu entwickeln und zu testen. Interessant wäre in diesem Zusammenhang der Aufbau von Methoden zur Analyse der Daten in Raum und Zeit, wie dies ansatzweise beim Bartgeiermonitoring geschehen ist.

Literaturverzeichnis

Allgöwer B., Bitter P., Konzeptstudie zum Aufbau eines Geographischen Informationssystems für den Schweizerischen Nationalpark (GIS-SNP), Arbeitsberichte zur Nationalparkforschung, Wissenschaftliche Nationalparkkommission und Parkdirektion, Zürich und Zerne, 1992

Aspinall R., An inductive modelling procedure based on Bayes theorem for analysis of pattern in spatial data, *Int. Journal of Geographical Information Systems*, 1992, p.105 -121

Bartelme N., *Geoinformatik*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1995

Bachmann A., Verdunstungsmodellierung im unteren Thurgau, Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich, 1994

Berberich W., Raumnutzung des Rotwildes im Nationalpark Berchtesgaden unter Verwendung der im GIS nutzbaren Datenstrukturen, 1990

Berry K. H., Development, Testing and Application of Wildlife-Habitat-Models, *Wildlife 2000*, 1986, p. 3 - 4

Bill R., Fritsch D., *Grundlagen der Geoinformationssysteme*, Wichmann, Karlsruhe, 1991,

Blaschke T., Eine Studie zum 'Potential Range'-Konzept anhand faunistischer Leitarten, *Salzburger Geographische Materialien 21*, 1994, p. 83 -101

Bögel R., Untersuchungen zur Flugbiologie und Habitatnutzung von Gänsegeiern am Alpennordrand (*Gyps fulvus*) unter Verwendung telemetrischer Messverfahren. Forschungsbericht der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden (Deutschland) Nr. 33, im Druck

Brutsaert W., *Evaporation into the atmosphere: theory, history and applications*, Dordrecht a. o., Reidel, 1982

Brzeziecki B., Kienast F., Wildi O., A simulated map of the potential natural forest vegetation of Switzerland, *Journal of Vegetation Science 4*, 1993, p. 499 - 505

Burt W. H., Territoriality and home range concepts as applied to mammals, *J. of Mammal 24*, 1943, p. 346 - 352,

Clark J., Dunn J., Smith K., A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system, *J. Wildl. Manag.*, 1993, p. 519 - 526

-
- Dixon K. R., Chapman J. A.**, Harmonic mean measure of animal activity area, *Ecology* 61, 1980, p. 1040 - 1044
- ESRI**, ArcDoc Version 7.0, Environmental Systems Research Institute Inc, Redlands (California), 1995
- Fischer H. S.**, Simulation der räumlichen Verteilung von Pflanzengesellschaften auf der Basis von Standortsgesellschaften. Dargestellt am Beispiel des MaB-Testgebiets Davos, Doktorarbeit an der ETH Zürich, 1990
- Fotheringham S, Rogerson P.**, *Spatial Analysis and GIS*, Tylor and Francis, 1994
- Imfeld S.**, Tages- und jahreszeitliche Verteilungsmuster des Rehs (*C Capreolus*) im Gebiet Sihlwald, Diplomarbeit an der Abteilung für Ethologie und Wildforschung der Universität Zürich, 1996
- Haller H.**, Die Thermikabhängigkeit des Bartgeiers (*Gypaetus Barbatus*) als mögliche Mitursache für sein Aussterben in den Alpen, *Der ornithologische Beobachter* 80, 1983, p. 263 - 272
- Harris S., et al.**, Home range analysis using radio-tracking data - a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals, *Mammal Rev.*, Vol 20, 1990 p. 97 -123
- Meyer R.**, Simulation einer Vegetationskarte in der Val Trupschun, Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich, 1994
- Molinari P.**, The Lynx in the Italian South-Eastern Alps, Vortrag an der Conference of the Alpine Lynx Population, Engelberg, 7.-10. 12. 1995
- Naef-Daenzer B.**, GRID, Calculations for homerange and spatial analysis, Vogelwarte Sempach, Sempach, 1994
- Neu C., W., Byers C., Peek J., Boy V.**, A technique for analysis of utilisation-availability data, *J. Wildl. Manag* 38,1974, p. 541 - 545
- Robin K., Filli F., Allgöwer B., Haller R.**, Schweizerisches Bartgeier-Monitoring, Auswertung der Beobachtungsdaten 1991 -1994, Bericht zuhanden der Eidg. Forstdirektion, Sektion Jagd und Wildforschung, Bern, 1995
- Rochat N.**, Bouquetin des alpes (*Capra ibex L.*): Niche spatio temporelle dans le parc national suisse (GR), Diplomarbeit in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Ethologie und Wildforschung der Universität Zürich, 1994

- Schmid J.**, Aspekte der Verhaltensentwicklung junger, wiederangesiedelter Bartgeier (*Gypaetus barbatus* L.) im Schweizerischen Nationalpark, Diplomarbeit an der Abteilung für Ethologie und Wildforschung der Universität Zürich, 1995
- Schröder W., Georgii B.**, Ein Habitatmodell für Gams, *Mitteilungen aus der Wildtierforschung*, 1988
- Scott M. J., et al.**, GAP-Analysis: A Geographic Approach to Protection of Biological Diversity, *Wildlife Monographs*, Beilage, 1993
- Scott M. J. et al.**, Geographic analysis of california condor sighting data, *Conservation Biology*, 1993, p.148 - 159
- Stahl P.**, Distribution of the Lynx in the French Alps, Vortrag an der Conference of the Alpine Lynx Population, Engelberg, 7.-10. 12. 1995
- Storrer H. H.**, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, Mathematisches Institut der Universität Zürich, 1990
- Verner J., Morrison M. L., Ralph J. C.**, Modeling Habitat relationships of Terrestrial Vertebrates, *Wildlife 2000*, 1986
- White G. C., Garott A.**, *Analysis of Radio Tracking Data*, Academic Press, San Diego, 1990
- Wollard T., Wray S.**, Home Range Analysis using Radio Tracking Data, *Mammal Rev.* 20, 1990, p. 97-123
- Worton B. J.**, Using Monte Carlo Simulation to Evaluate Kernel Based Home Range Estimators, *J. Wildl. Manag.* 59(4), 1995, p. 794-800
- Worton B. J.**, Kernel Methods for Estimating the Utilisation Distribution in Home Range Studies, *Ecology*, 70(1), 1989, p.164 - 168
- Zoller H.**, Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks und seiner Umgebung 1:50'000; auf der topographischen Basis der Landeskarte der Schweiz, Blätter 249 (Tarasp) und 259 (Ofenpass), Wissenschaftliche Nationalparkkommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften, Hallwag AG, Bern, 1992

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Schematische Darstellung eines Minimum-Convex-Polygons	7
Abb. 2	Schematische Darstellung der Berechnung des harmonischen Mittels für den Netzknoten g1	9
Abb. 3	Thiessen-Polygone.....	12
Abb. 4	Hauptmenü von GAUDIS.....	21
Abb. 5	Schematische Darstellung des Programmablaufs zur Berechnung eines konvexen Polygons.....	23
Abb. 6	Menü zur Eingabe der Parameter für die Berechnung der bivariaten Normalverteilung im Grid.....	26
Abb. 7	Schematische Darstellung des Programmablaufs zur Berechnung einer Dichteverteilung mit der bivariaten Normalverteilung im GRID.....	26
Abb. 8	Menü zur Eingabe der Parameter für die Berechnung der bivariaten Normalverteilung im TIN	28
Abb. 9	Schematische Darstellung des Programmablaufs zur Berechnung einer Dichteverteilung mit TIN.....	29
Abb. 10	Schematische Darstellung des Programmablaufs zur Interpolation einer Isolinie	31
Abb. 11	Schematische Darstellung des Programmablaufs der Betrachtung von Daten in Raum und Zeit.....	32
Abb. 12	Schematische Darstellung des Programmablaufs beim c2-Test.....	34
Abb. 13	Schematisches Beispiel eines Rasterdatensatzes in ARC/INFO.....	37
Abb. 14	Jahreshomerange von Tier 13, dargestellt mit dem konvexen Polygon.	46
Abb. 15	Jahreshomerange von Tier 15, dargestellt mit dem konvexen Polygon.	46
Abb. 16	Jahreshomerange von Tier 1, dargestellt mit dem konvexen Polygon...	47
Abb. 17	Jahreshomerange von Tier 2, dargestellt mit dem konvexen Polygon...	47
Abb. 18	Jahreshomerange von Tier 23, dargestellt mit dem konvexen Polygon.	48
Abb. 19	Homerange von Tier 15, aufgeteilt in 7 Perioden zwischen dem 18.6.93 und dem 1.9.93.....	48
Abb. 20	Jahreshomerange von Tier 15, berechnet mit der bivariaten Normalverteilung im Grid (r = 700 Meter, std = 350 Meter)	52
Abb. 21	Jahreshomerange von Tier 15, berechnet mit der bivariaten Normalverteilung im Grid (r = 500 Meter, std = 250 Meter)	52
Abb. 22	Thiessenpolygone, gebildet aus den Beobachtungen von Tier 15,	56
Abb. 23	Jahreshomerange von Tier 15 mit der Vegetation.....	57
Abb. 24	Einteilung der 8 Expositionsklassen.....	60
Abb. 25	Dichte der Bartgeierbeobachtungen	66
Abb. 26	Verteilung der Bartgeierbeobachtungen (r = 50 km std = 25 km).....	67

Abb. 27	Verteilung der Bartgeierbeobachtungen ($r = 25\text{km}$ std = 12.5 km).....	68
Abb. 29	Dispersion von Cic (BG 186), Radius 25 km, Standardabw. 12.5 km)....	71
Abb. 30	Homerange von Settschient (BG 143), dargestellt mit dem konvexen Polygon.....	73
Abb. 31	Entwicklung der Streifzüge von Settschient (BG 143) zwischen dem 1.1.91 und dem 1.10.94.....	73
Abb. 32	Potentieller Kadaveranfall in der Schweiz.....	76
Abb. 33	Sichtpotential für den Bartgeier in der Schweiz.....	78
Abb. 34	Sitzwartenangebot für den Bartgeier in der Schweiz.....	79
Abb. 35	Störpotential durch den Mensch für den Bartgeier.....	80
Abb. 36	Nahrungspotential für den Bartgeier in der Schweiz,.....	81
Abb. 37	Brutnischenpotential des Bartgeiers in der Schweiz.....	83
Abb. 38	Thermikpotential für den Bartgeier am 7. Juli 1993.....	87

Anhang

A Kategorienkatalog der Schweizerischen Arealstatistik 1975/85 (Bundesamt für Statistik)

Übersicht Kategorienkatalog

Landwirtschaftliche Nutzflächen	Siedlungsflächen	Bestockte Flächen
Obstbau, Rebbau, Gartenbau	Gebäudeareal	Wald
Obstbauflächen	Industrieareal	Geschlossener Wald
Rebanlagen 71	Industriegebäude 21	Normalwald 11
Pergolstreben 72	Industrieumschwung 41	Waldstreifen, Waldcocken 14
	Verkehrsflächen	Übriger Wald 10
Obstbauflächen	Strassenareal	Aufgelöster Wald
Obstanlagen 75	Ausbahnen 31	Aufgelöster Wald (auf unproduktiven Flächen) 12
Geordnete Obstbaumbestände 76	Autobahngrün 32	Aufgelöster Wald (auf landw. Nutzflächen) 13
Streubest 77	Strassen, Wege 33	Gebüschwald 15
	Parkplätze 34	Gehölze
Gartenbauflächen 78	Grassgrün 66	Feldgehölze, Hecken 17
	Bahnareal	Baumgruppen (auf landwirtschaftl. Nutzflächen) 18
Wies- und Ackerland, Heimwälder	Bahnareal	Übrige Gehölze 19
Wies- und Ackerland	Bahnhofgelände 35	Unproduktive Flächen
Günstiges Wies- und Ackerland 81	Offene Bahnstrecken 36	Gewässer
Übriges Wies- und Ackerland 82	Bahnquai 67	Stehende Gewässer 91
Erntestreifen 73	Flugplatzareal	Fließgewässer, Uferböschungen
	Flugplätze 37	Fließgewässer 92
Heimwälder, verbuschte Wiesen und Heimwälder	Grasplatan, Flugplatzplan 38	Uferböschungen 93
Heimwälder 83	Erholungs- und Grünanlagen	Andere unproduktive Flächen
Verbuschte Wiesen und Heimwälder 84	Offene Sportanlagen 51	Unproduktive Vegetation
	Schrebergärten 52	Gebüsch, Struchvegetation 16
Alpwirtschaftliche Nutzflächen	Camping, Caravan 53	Unproduktive Gras- und Krautvegetation 97
Maisensasse, Heualpen, Bergwiesen 85	Golfplätze 54	Nassstandorte 95
	Friedhöfe 56	Ufervegetation 96
Alp- und Jurawälder	Öffentliche Parkanlagen 59	Vegetationslose Flächen 99
Günstige Alp- und Jurawälder 88	Gebäude in Erholungsanlagen 20	
Verstärkte Alp- und Jurawälder 89	Legende	
Verbuschte Alp- und Jurawälder 86	Hauptkategorien	
Schälalpen, Widheuplengen 87	Unterkategorien	
	Spezialkategorien	
	Abbau, Deponie 62	
	Energieversorgungsanlagen 63	
	Abwässerrücklaufsysteme 60	
	Übrige Ver- und Entsorgungsanlagen 61	
	Baustellen 66	
	Gebäude auf besonderen Siedlungsflächen 24	
	Ruinen 20	

Für den HSI des Bartgeiers wurden die Kategorien der Schweizerischen Arealstatistik wie folgt zusammengefasst:

- Obst/Rebbau: 71, 75, 76, 77, 78 (72 nicht in Datenbasis)
- Wies-/Ackerland: 81, 82, 83, 84 (73 nicht in Datenbasis)
- Alp-/Jurawälder: 85, 88, 89, 86, 87
- Siedlungen: 21, 41, 25, 45, 26, 46, 27, 47, 28, 48, 29, 49
- Abbau/Deponie: 62, 63, 61, 65, 66, 24 (20 nicht in Datenbasis)
- Verkehrsflächen: 31, 32, 33, 34, 68, 35, 36, 67, 37, 38
- Erholungsflächen: 51, 52, 53, 54, 56, 59 (23 nicht in Datenbasis)
- Wald (geschlossen): 11, 14, 10
- Wald (aufgelöst): 12, 13, 15, 17, 18, 19
- Gewässer: 91, 92, 69
- Unproduktive Vegetation: 16, 97, 95, 96, 99

Übersicht Kategorienkatalog

Landwirtschaftliche Nutzflächen	Siedlungsflächen		Bestockte Flächen
Obstbau, Rebbau, Gartenbau	Gebäudeareal	Verkehrsflächen	Wald
Rebbauflächen	Industriearéal	Strassenareal	Geschlossener Wald
Rebanlagen 71	Industriegebäude 21	Autobahnen 31	Normalwald 11
Pergolareben 72	Industrieumschwung 41	Autobahngrün 32	Waldstreifen, Waldecken 14
Obstbauflächen	Übriges Gebäudeareal	Strassen, Wege 33	Übriger Wald 10
Obstanlagen 75	Ein- und Zweifamilienhäuser 25	Parkplätze 34	Aufgelöster Wald
Geordnete Obstbaumbestände 76	Umschwung von 25 45	Strassengrün 68	Aufgelöster Wald (auf unproduktiven Flächen) 12
Streuobst 77	Reihen- und Terrassenhäuser 26	Bahnareal	Aufgelöster Wald (auf landwirt. Nutzflächen) 13
Gartenbauflächen 78	Umschwung von 26 46	Bahnhofgelände 35	Gebüschwald 15
Wies- und Ackerland, Heimweiden	Mehrfamilienhäuser 27	Offene Bahnstrecken 36	Gehölze
Wies- und Ackerland	Umschwung von 27 47	Bahngrün 67	Feldgehölze, Hecken 17
Günstiges Wies- und Ackerland 81	Landwirtschaftliche Gebäude 28	Flugplatzareal	Baumgruppen (auf landwirtschaftl. Nutzflächen) 18
Übriges Wies- und Ackerland 82	Umschwung von 28 48	Flugplätze 37	Übrige Gehölze 19
Extensivreben 73	Nicht spezifizierte Gebäude 29	Graspisten, Flugplatzgrün 38	Unproduktive Flächen
Heimweiden, verbuschte Wiesen und Heimweiden	Umschwung von 29 49	Erholungs- und Grünanlagen	Gewässer
Heimweiden 83	Besondere Siedlungsflächen	Offene Sportanlagen 51	Stehende Gewässer 91
Verbuschte Wiesen und Heimweiden 84	Ver- und Entsorgungsanlagen	Schrebergärten 52	Fliessgewässer, Uferböschungen
Alpwirtschaftliche Nutzflächen	Energieversorgungsanlagen 62	Camping, Caravan 53	Fliessgewässer 92
Malensässe, Heualpen, Bergwiesen 85	Abwasserreinigungsanlagen 63	Golfplätze 54	Uferböschungen 69
Alp- und Juraweiden	Übrige Ver- und Entsorgungsanlagen 61	Friedhöfe 56	Andere unproduktive Flächen
Günstige Alp- und Juraweiden 88	Abbau, Deponie 65	Öffentliche Parkanlagen 59	Unproduktive Vegetation
Versteinte Alp- und Juraweiden 89	Baustellen 66	Gebäude in Erholungsanlagen 23	Gebüsch, Strauchvegetation 16
Verbuschte Alp- und Juraweiden 86	Gebäude auf besonderen Siedlungsflächen 24	Legende	Unproduktive Gras- und Krautvegetation 97
Schafalpen, Wildheuplanggen 87	Ruinen 20	Hauptkategorien	Nassstandorte 95
		Unterkategorien	Ufervegetation 96
		Spezialkategorien	Vegetationslose Flächen 99

Anhang

B Sammlung der wichtigsten AML von GAUDIS

```

/*-----
/*           Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/* Program: CONVEX.AML
/* Purpose:
/*
/*-----
/* Usage: CONVEX INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/* Usage: CONVEX <routine> {args}
/*
/* Arguments: routine - name of the routine to be called.
/* position - (quoted string) opening menu position.
/* stripe - (quoted string) menu stripe displayed.
/* MODELESS | MODAL - keyword for creating modal thread.
/*
/* Routines: BAILOUT - error handling.
/* EXIT - cleanup and exit tool.
/* HELP - display tool help file.
/* INIT - initialize tool and invoke menu.
/* USAGE - return tool usage.
/*
/* Globals:
/*-----
/* Calls: convex.menu disp_help.aml
/*-----
/* Notes:
/*-----
/* History: rhaller - 07/19/95 - Original coding
/*-----
&args routine arglist:rest
/*
&severity &error &routine bailout

/* Check variables
&if [variable .pointcov] = .FALSE. &then
&do
&r msinform init 'Bitte zuerst eine Coverage auswahlen'
&call EXIT
&return
&end

/*Check program
&s .cx$dpgm = [show program]
&if [show program] = ARC &then
&do
display 9999 1 position below thread tool$start
arcredit
&end
&if [show program] ^= ARCEDIT &then
&do
&call msinform INIT ~
[QUOTE You must be in ARC or ARCEDIT to create a Convex Hull]
&call EXIT
&return
&end

/*
/* Check arguments
&if ^ [null %routine%] &then
&call %routine%
&else
&call usage
&return

```

```

/*-----
&routine INIT /* {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*-----
/* Initialize tool interface
/*
&set position = [extract 1 [unquote %arglist%]]
&set stripe = [extract 2 [unquote %arglist%]]
&set modality = [extract 3 [unquote %arglist%]]
&if [null %position%] or %position%_ = #_ &then
&set position = &right &display
&if [null %stripe%] or %stripe%_ = #_ &then
&set stripe = Minimum-Convex-Polygon
&if [null %modality%] or %modality%_ = #_ &then
&set mode =
&else
&if [translate %modality%] = MODAL &then
&set mode = &modal
&else
&set mode =
/*
/* Issue thread delete self if thread depth = 2 and input is tty
&if [show &thread &depth] = 2 and [extract 1 [show &thread &stack]] = tty &then
&set launch = &thread &delete &self
&else
&set launch
/*
&if [show &thread &exists tool$convex] &then
&thread &delete tool$convex
&thread &create tool$convex %mode% ~
&menu convex ~
&position [unquote %position%] ~
&stripe [quote [unquote %stripe%]] ~
&pinaction '&run convex exit'
%launch%
/*
&return

/*-----
&routine START
/*-----
ec %pointcov%
ef label
sel all
&s .cx$npts = [show number selected]
&s .cx$curangle = 0
&s .cx$cur# = -1
&s .cx$first# = -1
&s .cx$next# = -1
&s .cx$filename = %cx[date -ftag]
&s .cx$unit = -1
&s .cx$status = -1
&if %cx$npts% < 3 &then &do
&type Not enough points in coverage %pointcov%
&call cleanup
&return
&end
/*
&if [exists %cx$filename% -file] &then &sys rm %cx$filename%
&s .cx$unit = [open %cx$filename% status -write]
&if %status% ^= 0 &then &do
&type Cannot open temporary working file in current workspace
&type Status code returned from OPEN -WRITE is %status%
&call EXIT
&return
&end
/*

```

WATER OVER FORM
 ANTHONY G. B. EPS

```

&call findfirst
&s .cx$cur# = %cx$first#%
&call write
/*
&do &until %cx$next#% = %cx$first#%
    &call findnext
    &s .cx$cur# = %cx$next#%
    &call write
&end
/*
&s status = [close %cx$unit%]
&s .cx$unit = [open %cx$filename% status -read]
&if %status% ^= 0 &then &do
    &type Cannot open temporary working file in current workspace
    &type Status code returned from OPEN -READ is %status%
    &call cleanup
    &return
&end
ef arc
coord key xy
&s firsttime = .TRUE.
&s lasttime = .FALSE.
add
&do &until %lasttime%
    &call read
    &if %firsttime% &then &do
        2,%cx$xy%
        &s firsttime = .FALSE.
    &end
    &else &if %cx$status% = 102 &then &do
        2,%previousxy%
        9,0,0
        &s lasttime = .TRUE.
    &end
    &else &do
        1,%cx$xy%
        &s previousxy = %cx$xy%
    &end
&end
coord cursor
put %convex$outcov%
&sys arc build %convex$outcov% poly
&call EXIT
&return
/*-----
&routine WRITE
/*-----
&s status = [write %cx$unit% [show label %cx$cur#% coord] ]
&if %status% ^= 0 &then &do
    &type Cannot write to temporary working file in current workspace
    &type Status code returned from WRITE is %status%
    &call EXIT
    &return
&end
&return
/*-----
&routine READ
/*-----
&s .cx$xy = [read %cx$unit% status]
&s .cx$status = %status%
&if %status% ^= 0 & %status% ^= 102 &then &do
    &type Cannot read from temporay working file in current workspace
    &type Satus code returned from READ is %status%
    &call EXIT
    &return
&end
&end

```

```

&return
/*-----
&routine FINDFIRST
/*-----
/*
/* finds the southerly most point (if two points have the same ycoord
/* then the westerly one is selected).
/*
/* # id if selected point is returned in .cx$first#
/*
&s southx = 9999999
&s southy = 9999999
&s south# = -1
&do i := 1 &to %cx$npts%
    &s cy = [after [show label %i% coord] ,]
    &s cx = [before [show label %i% coord] ,]
    &if %cy% < %southy% &then &do
        &s southy = %cy%
        &s southx = %cx%
        &s south# = %i%
    &end
    &else &if %cy% = %southy% & %cx% < %southx% &then &do
        &s southy = %cy%
        &s southx = %cx%
        &s south# = %i%
    &end
&end
&end
&s .cx$first# = %south#%
&return
/*-----
&routine FINDNEXT
/*-----
/*
/* This routine finds the point with the smallest cartesian angle
/* from the current point and which is greater then the previous
/* angle.
/*
/* The #id of the selected point is returned in .cx$next#
/*
/* The global variable .cx$curangle is used to store the angle to
/* the new point. On entry to this routine it is assumed to
/* contain the angle to the previous point.
/* The global variable .cx$cur# is assumed to contain the #id of
/* the current point.
/*
&s cxy = [show label %cx$cur#% coord]
&s nxtangle = 361
&s nxt# = -1
&do i := 1 &to %cx$npts%
    &if %i% ^= %cx$cur#% &then &do
        &s thisangle = [radang [invangle %cxy% [show label %i% coord] ] ]
        &if %thisangle% < %nxtangle% & %thisangle% >= %cx$curangle% &then &do
            &s nxtangle = %thisangle%
            &s nxt# = %i%
        &end
    &end
&end
/*&type DEBUG !!
/*&type 'type &return to continue'
/*&tty
&end
&s .cx$next# = %nxt#%
&s .cx$curangle = %nxtangle%
&return
&end
&return

```

```

/*-----
&routinE HELP
/*-----
/* Display help for this tool
&run disp_help convex
&return

/*-----
&routinE USAGE
/*-----
/* Display usage for this tool
&type Usage: CONVEX INIT {''position''} {''stripe''} {MODELESS | MODAL}
&type Usage: CONVEX <routinE> {args}
&return &inform

/*-----
&routinE EXIT
/*-----
/* Clean up and exit menu
&severity &error &ignore
&s status = [close %.cx$unit%]
&sys rm %.cx$filename%
&if [show program] = ARCEDIT & %.cx$oldpgm% = ARC &then quit no

&dv .convex$*
&dv .cx$*
&if [show &thread &exists tool$conveX] &then
  &thread &delete tool$conveX
&return

/*-----
&routinE BAILOUT
/*-----
&severity &error &ignore
/* &call exit
&return &warning An error has occurred in routine: %routinE% (CONVE.X.AML).

```

```

7 convex.menu
/*-----
/* Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/* Menu: CONVEX.MENU
/* Purpose: convex tool interface.
/*-----
/* Calls: convex
/*-----
/* Globals: .convex$*
/*-----
/* Notes:
/*-----
/* History: rhaller - 07/19/95 - Original coding
/* =====

Name of The Convex Hull Coverage
%input1

%ok %cancel %help
%input1 INPUT .convex$outcov 11 TYPEIN YES SCROLL NO CHARACTER
%ok BUTTON ~
HELP 'Apply settings and quit menu' ~
'OK' &run convex start
%cancel BUTTON CANCEL ~
HELP 'Quit from this menu' ~
'Cancel' &run convex exit
%help BUTTON KEEP RETURN ~
HELP 'Display help about this menu' ~
'Help' &run convex help
%FORMOPT SETVARIABLES IMMEDIATE MESSAGEVARIABLE .convex$msg

```

```

/*-----
/*      Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*  Program: DIXAPP.AML
/*  Purpose: Calculates Bivariate normal KernelEstimation of a Point-Coverage,
/*  using the Points as 'Matrix'

/*
/*-----
/*  Usage: DIXAPP INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*  Usage: DIXAPP <routine> {args}
/*
/*  Arguments: routine - name of the routine to be called.
/*             position - (quoted string) opening menu position.
/*             stripe - (quoted string) menu stripe displayed.
/*             MODELESS | MODAL - keyword for creating modal thread.
/*
/*  Routines: BAILOUT - error handling.
/*            EXIT - cleanup and exit tool.
/*            HELP - display tool help file.
/*            INIT - initialize tool and invoke menu.
/*            USAGE - return tool usage.
/*
/*  Globals:
/*
/*-----
/*  Calls: dixapp.menu disp_help.aml
/*-----
/*  Notes:
/*-----
/*  History: rhaller - 06/02/95 - Original coding
/*-----
&args routine arglist:rest
/*
&severity &error &routine bailout

/*
/* Check arguments
&if ^ [null %routine%] &then
  &call %routine%
&else
  &call usage

&return

/*-----
&routine INIT /* {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*-----
/* Initialize tool interface
/*
&set position = [extract 1 [unquote %arglist%]]
&set stripe = [extract 2 [unquote %arglist%]]
&set modality = [extract 3 [unquote %arglist%]]
&if [null %position%] or %position%_ = #_ &then
  &set position = &below &thread tool$start
&if [null %stripe%] or %stripe%_ = #_ &then
  &set stripe = Kernel Estimations
&if [null %modality%] or %modality%_ = #_ &then
  &set mode =
&else
  &if [translate %modality%] = MODAL &then
    &set mode = &modal
  &else
    &set mode =
/*
/* Issue thread delete self if thread depth = 2 and input is tty

```

```

&if [show &thread &depth] = 2 and [extract 1 [show &thread &stack]] = tty &then
  &set launch = &thread &delete &self
&else
  &set launch
/*
&if [show &thread &exists tool$dixapp] &then
  &thread &delete tool$dixapp
&thread &create tool$dixapp %mode% ~
  &menu dixapp ~
  &position [unquote %position%] ~
  &stripe [quote [unquote %stripe%]] ~
  &pinaction '&run dixapp exit'
%launch%
/*
&return

/*-----
&routine ABBRUCH_CHECK
/*-----
/*
/* Check program
&if [show program] ne ARC &then
  &do
    quit
  &end
/*Check variables

/*Check Coverage
&if [variable .pointcov] &then
  &do
    &if [exists %pointcov% -point] = .FALSE. &then
      &do
        &r msinform init 'Die Coverage enthaelt nicht ausschliesslich Punkte'
      &end
    &end
  &call INIT
  &return

/*-----
&routine START
/*-----

&call settings

&if [iteminfo %dixapp$cov% -point %dixapp$wert% -exists] = .FALSE. &then
  &do
    additem %dixapp$cov%.pat %dixapp$cov%.pat %dixapp$wert% 12 12 n 8
    build %dixapp$cov% point
  &end

&if %dixapp$add% = .TRUE. &then
  &do
    &call ADD_BOUNDARY
    /*&set .dixapp$cov %dixapp$newpt%
    &ty %dixapp$cov%
    &delvar .dixapp$add
  &end

ae
ec %dixapp$cov%
ef point

/*de all

```

```

/*draw
&flushpoints

&messages &off
&set i 1

sel %dixapp$cov%# = %i%
/*sel $recno = %i%
&IF [SHOW NUMBER select] = 1 &then
&do
&call CENTERPOINT

&delvar pt1x pt1y pt2x pt2y
&delvar .dixapp$dixchap
&delvar .dixapp$linear
&delvar .dixapp$bivariate
&end
&messages &on

save

graphics on

q
&run msinform init [QUOTE Berechnung der Dichtewerte erfolgreich abgeschlossen] ~
[QUOTE und im Item

%dixapp$wert% abgelegt]

&return
/*-----
&routine CENTERPOINT
/*-----
&do &until [show number select] = 0
&s pt1x [before [show label [show select 1] coordinate] ,]
&s pt1y [after [show label [show select 1] coordinate] ,]
&flushpoints
ed %dixapp$radius%

&set zwischendistance 0
&set distance_all 0
&set anzahl 0

&call NEIGHBOURS

&If [variable .dixapp$dixchap] &then
&do
&call CALC_VALUE_DIX_CHAP
&end
&If [variable .dixapp$linear] &then
&do
&call CALC_VALUE_LIN_FUNKT
&end
&If [variable .dixapp$bivariate] &then
&do
&call CALC_VALUE_BIV_FUNKT
&end

&delvar pt1x pt1y
&set i %i% + 1
sel %dixapp$cov%# = %i%
/* sel $recno = %i%
&end

```

```

&return

/*-----
&routine NEIGHBOURS
/*-----
&pushpoint 1 %pt1x% %pt1y%
sel one
next
&if [show number select] = 1 &then
&do
/*&set anzahl 1
&do &until [show number select] = 0
&s pt2x [before [show label [show select 1] coordinate] ,]
&s pt2y [after [show label [show select 1] coordinate] ,]
&flushpoints

&pushpoint 1 %pt1x% %pt1y%
&pushpoint 1 %pt2x% %pt2y%

&If [variable .dixapp$dixchap] &then
&do
&call DISTANCE_DIX_CHAP
&end
&If [variable .dixapp$linear] &then
&do
&call DISTANCE_LIN_FUNKT
&end
&If [variable .dixapp$bivariate] &then
&do
&call DISTANCE_BIN_FUNKT
&end
&set anzahl %anzahl% + 1
next
&end
&end
&else
&do
&set anzahl 0
&end
&return

/*-----
&routine DISTANCE_DIX_CHAP
/*-----
&set zwischendistance [invdistance %pt1x% %pt1y% %pt2x% %pt2y%]
&set distance_all %distance_all% + %zwischendistance%
&return

/*-----
&routine DISTANCE_LIN_FUNKT
/*-----
&set zwischendistance [calc [calc %dixapp$radius% - [invdistance %pt1x% %pt1y%
%pt2x% %pt2y%]] / %dixapp$radius%]
&set distance_all %distance_all% + %zwischendistance%
&return

/*-----
&routine DISTANCE_BIN_FUNKT
/*-----
/* Distanz zwischen Centerpoint und Nachbarpunkt wird berechnet
/* x der Formel

&set distanz [invdistance %pt1x% %pt1y% %pt2x% %pt2y%]

```

```

/* Konstanten pi und e
&set pi 3.14159
&set e 2.71828

/* Hochwert der Formel wird berechnet
&set hochwert [calc -0.5 * [calc [calc %distanz% / %.dixapp$stddev%] ** 2]]

/* Prefix wird berechnet
&set prefix [calc 1 / [calc [sqrt [calc 2 * %pi%]] * %.dixapp$stddev%]]

/* f(x) zu einem Nachbar wird berechnet
&set zwischenwert [calc %prefix% * [calc %e% ** %hochwert%]]

/* f(x) wird aufsummiert
&set distance_all %distance_all% + %zwischenwert%

&return

/*-----
&routin CALC_VALUE_LIN_FUNKT
/*-----
&pushpoint 1 %ptlx% %ptly%
sel one

&if %anzahl% ne 0 and %distance_all% ne 0 &then
&do
  sel %.dixapp$cov%# = %i%
  /*&set value = [calc 1 / [calc %distance_all% / %anzahl%]]
  &set value = %distance_all%
  calculate %.dixapp$wert% = %value%
&end
&else
  calc %.dixapp$wert% 0

&ty %value%
&return

/*-----
&routin CALC_VALUE_DIX_CHAP
/*-----
/*&pushpoint 1 %ptlx% %ptly%
/*sel one

&if %anzahl% ne 0 and %distance_all% ne 0 &then
&do
  sel %.dixapp$cov%# = %i%
  &set value = [calc 1 / [calc %distance_all% / %anzahl%]]
  calculate %.dixapp$wert% = %value%
&end
&else
  calculate %.dixapp$wert% = 0

/*&messages &on

&ty '*****'
&ty '*****'
&ty '*****'
/*&ty [show label [show select 1] item test#]

```

```

&ty %value%
&ty '*****'
&ty '*****'
&ty '*****'

/*&messages &off

&return

/*-----
&routin CALC_VALUE_BIV_FUNKT
/*-----
/*&pushpoint 1 %ptlx% %ptly%
/*sel one
sel %.dixapp$cov%# = %i%
&if %anzahl% ne 0 and %distance_all% ne 0 &then
  calculate %.dixapp$wert% = %distance_all%
&else
  calculate %.dixapp$wert% = 0

&return

/*-----
&routin TIN
/*-----

&call SETTINGS_LAT

&if %.dixapp$add% = .TRUE. &then
&do
  &call ADD_BOUNDARY
  &ty %.dixapp$cov%
&end

createtin %.dixapp$cov%tin
cover %.dixapp$cov% point %.dixapp$wert%
&if %.dixapp$add% = .TRUE. &then
&do
  cover ov15buf poly z-wert
&end
end

&describe %.dixapp$cov%tin
tinlattice %.dixapp$cov%tin %.dixapp$outlat%
%tin$xmin% %tin$ymin%
%tin$xmax% %tin$ymax%
%.dixapp$lat_pts%

/*&describe %.dixapp$cov%
/*tinlattice %.dixapp$cov%tin %.dixapp$outlat%
/*%dsc$xmin% %dsc$ymin%
/*%dsc$xmax% %dsc$ymax%
/*%.dixapp$lat_pts%

&run msinform init 'The density-lattice has been created successfully'

&return

/*-----
&routin DRAW
/*-----

```

```

&if [variable .dixapp$outlat] = .FALSE. &then
&do
  &run msinform init [QUOTE Required parameters missing]
  &return
&end
&if [null %.dixapp$outlat%] = .TRUE. &then
&do
  &run msinform init [QUOTE Required parameters missing]
  &return
&end
&if [show program] = ARC &then
&do
  grid
&end
mape %.dixapp$outlat%
clear
ggray %.dixapp$outlat%

markercolor 2

&If [variable .pointcov] = .TRUE. &then
&do
  &if [null %.pointcov%] = .FALSE. &then
    points %.pointcov%
  &end
&return

/*-----
&routine ADD_BOUNDARY_OLD
/*-----
copy %.dixapp$pointcov% %.dixapp$newpts%
&set text1 'Die Coverage mit den neu definierten Aussenpunkten heisst'
&set text2 %.dixapp$newpts%
&r msinform INIT %text1% %text2%
ae
&set .dixapp$cov %.dixapp$newpts%
ec %.dixapp$cov%
ef point

&set co_old [show coordinate]
coordinate keyboard
add
1,%.dixapp$txmin%,%.dixapp$tymin%
1,%.dixapp$txmin%,%.dixapp$tymax%
1,%.dixapp$txmax%,%.dixapp$tymin%
1,%.dixapp$txmax%,%.dixapp$tymax%
9
save
coordinate %co_old%
q
build %.dixapp$cov% point

&return

/*-----
&routine ADD_BOUNDARY
/*-----
buffer %.dixapp$pointcov% xxbuffercov # # %.dixapp$radius% # point
build xxbuffercov
additem xxbuffercov.pat xxbuffercov.pat %.dixapp$wert% 12 12 n 8

&return

```

```

/*-----
&routine SETTINGS
/*-----
/* Setzungen werden ueberprueft

&IF [variable .pointcov] = .FALSE. or ~
[variable .dixapp$wert] = .FALSE. or ~
[variable .dixapp$radius] = .FALSE. &then
&do
  &run msinform init [QUOTE Required parameters missing]
  &return;&return
&end
/*&IF [null %.pointcov%] = .TRUE. or ~
/* [null %.dixapp$txmin%] = .TRUE. or ~
/* [null %.dixapp$tymin%] = .TRUE. or ~
/* [null %.dixapp$txmax%] = .TRUE. or ~
/* [null %.dixapp$tymax%] = .TRUE. or ~
/* [null %.dixapp$wert%] = .TRUE. or ~
/* [null %.dixapp$radius%] = .TRUE. &then
&IF [null %.pointcov%] = .TRUE. or ~
[null %.dixapp$wert%] = .TRUE. or ~
[null %.dixapp$radius%] = .TRUE. &then

&do
  &run msinform init [QUOTE Required parameters missing]
  &return;&return
&end

/* &else
/* &do
/* &if [null %.dixapp$newpts%] = .TRUE. &then
/* &do
/* &run msinform init [QUOTE Required parameters missing]
/* &return;&return
/* &end
/* &end
/* &end
&If [variable .dixapp$bivariate] = .TRUE. &then
&do
  &IF [variable .dixapp$stddev] = .FALSE. &then
    &do
      &run msinform init [QUOTE Required parameters missing]
      &return;&return
    &end
  &else
    &do
      &if [null %.dixapp$stddev%] = .TRUE. &then
        &do
          &run msinform init [QUOTE Required parameters missing]
          &return;&return
        &end
      &end
    &end
  &end
&end

&set .dixapp$cov [after %.pointcov% %.init$workspace%/]
&set .dixapp$pointcov %.pointcov%
&return

/*-----
&routine SETTINGS_LAT
/*-----
/* Setzungen zur Berechnung des Tins und des Lattices
/* werden ueberpueft

```

```

&IF [variable .dixapp$cov] = .FALSE. &then
&do
  &run msinform INIT [QUOTE Please select a pointcoverage with Density-Values]
  &return;&return
&end
&If [null .dixapp$cov] &then
&do
  &run msinform INIT [QUOTE Please select a pointcoverage with Density-Values]
  &return;&return
&end
&If [variable .dixapp$outlat] = .FALSE. or ~
  [variable .dixapp$wert] = .FALSE. or ~
  [variable .dixapp$lat_pts] = .FALSE. &then
&do
  &run msinform INIT [QUOTE Required parameters missing]
  &return;&return
&end

&If [null .dixapp$wert] &then
&do
  &run msinform INIT [QUOTE Required parameters missing]
  &return;&return
&end
&If [null %dixapp$outlat%] or [null %dixapp$lat_pts%] &then
&do
  &run msinform INIT [QUOTE Required parameters missing]
  &return;&return
&end

&If [exists %dixapp$cov%tin -tin] &then
  kill %dixapp$cov%tin all
&If [exists %dixapp$cov%lat -grid] &then
  kill %dixapp$cov%lat all

&If [exists xxbuffercov -cover] &then
  kill xxbuffercov all

```

```

&set .dixapp$pointcov %pointcov%

```

```

&return

```

```

/*-----
&routinE HELP
/*-----
/* Display help for this tool
&run disp_help dixapp
&return

```

```

/*-----
&routinE USAGE
/*-----
/* Display usage for this tool
&type Usage: DIXAPP INIT {''position''} {''stripe''} {MODELESS | MODAL}
&type Usage: DIXAPP <routinE> {args}
&return &inform

```

```

/*-----
&routinE EXIT
/*-----
/* Clean up and exit menu
&dv .dixapp$*
&dv .pointcov

```

```

&if [show &thread &exists tool$dixapp] &then
  &thread &delete tool$dixapp
&return

```

```

/*-----
&routinE BAILOUT
/*-----
&severity &error &ignore
/* &call exit
&return &warning An error has occurred in routine: %routinE% (DIXAPP.AML).

```

```

7 dixapp.menu
/* -----
/*      Environmental Systems Research Institute, Inc.
/* -----
/*      Menu: BIVKERN2.MENU
/*      Purpose: dixapp tool interface.
/* -----
/*      Calls: dixapp
/* -----
/*      Globals: .dixapp$*
/* -----
/*      Notes:
/* -----
/* History: rhaller - 06/02/95 - Original coding
/* =====
DENSITY ESTIMATION ROUTINE
USING THE POINTS AS MATRIX
-----
General Inputs

Pointcoverage:%loadpointcov      %load1
Itemname,
the z-Values will be written
      %item

Searchradius^: %radius

-----
      Bivariate Normal Density Estimation
Standard Deviation      ^: %stddev
-----

%submit1      %submit2      %submit3
=====
Create a Density-Lattice

Pointcoverage:      %loadpointcov2
z-Valueitem:      %item2      %list
Output_lattice name: %outgrid
Latticepoints:      %latpts
Calculates "Density - Values"
  %x1      Optional Use of a Boundary, calculated
            by a buffer around the observation points
            within the searchradius

%create

=====
Draw Results
Output_lattice name: %outlat2      %draw
=====
%cancel      %help
%loadpointcov INPUT .POINTCOV 20 TYPEIN YES SCROLL NO COVER ~
* -all      'Select a coverage'
%load1 BUTTON KEEP 'Load' &thread &create Save &run getcover init .pointcov *
%item INPUT .DIXAPP$WERT 8 TYPEIN YES SCROLL NO CHARACTER
%radius INPUT .DIXAPP$RADIUS 6 TYPEIN YES SCROLL NO INTEGER
%x1 CHECKBOX .dixapp$add INITIAL .FALSE. ~
NEXT %x1 ~
QUERY 'Optional Inputs will be used'
%stddev INPUT .DIXAPP$STDDEV 6 TYPEIN YES SCROLL NO INTEGER
%submit1 BUTTON ~
HELP 'Calculate z-values by using Dixon-Chapman Algorithm' ~
'DIXON-CHAPMAN'
.TRUE.;
%submit2 BUTTON ~

```

```

HELP 'Calculate z-values by using a linear Kernel Function' ~
'LINEAR'
&set .dixapp$linear
&run dixapp
.TRUE.;
start
%submit3 BUTTON ~
HELP 'Calculate z-values by using a bivariate Kernel Function' ~
'BIVARIATE'
&set
.dixapp$bivariate .TRUE.; &run dixapp start
%loadpointcov2 INPUT .DIXAPP$COV 20 TYPEIN YES SCROLL NO COVER ~
* -all      'Select a coverage'
%item2 INPUT .DIXAPP$WERT 8 TYPEIN YES SCROLL NO CHARACTER
%list BUTTON KEEP 'Load' ~
&thread &create Save &run getitem init .dixapp$cov .dixapp$wert
%outgrid INPUT .DIXAPP$OUTLAT 12 TYPEIN YES SCROLL NO CHARACTER
%latpts INPUT .DIXAPP$LAT_PTS 12 TYPEIN YES SCROLL NO REAL
%create BUTTON ~
HELP 'Calculates Density-Tin' ~
'CALCULATE..' &run dixapp tin
%outlat2 INPUT .DIXAPP$OUTLAT 12 TYPEIN YES SCROLL NO CHARACTER
%draw BUTTON KEEP 'DRAW..' &run dixapp draw &run dixapp draw
%cancel BUTTON CANCEL ~
HELP 'Quit from this menu' ~
'Cancel' &run dixapp exit
%help BUTTON KEEP RETURN ~
HELP 'Display help about this menu' ~
'Help' &run dixapp help
%FORMOPT SETVARIABLES IMMEDIATE MESSAGEVARIABLE .dixapp$msg

```

```

/*-----
/*      Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*  Program: KERNEL.AML
/*  Purpose: calculates bivariate normal kernel estimation from point coverage
/*           includes option to truncate search radius
/*-----
/*  Usage: KERNEL INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*         Usage: KERNEL <routine> {args}
/*-----
/*  Arguments: routine - name of the routine to be called.
/*             position - (quoted string) opening menu position.
/*             stripe - (quoted string) menu stripe displayed.
/*             MODELESS | MODAL - keyword for creating modal thread.
/*-----
/*  Routines: BAILOUT - error handling.
/*            EXIT - cleanup and exit tool.
/*            HELP - display tool help file.
/*            INIT - initialize tool and invoke menu.
/*            USAGE - return tool usage.
/*-----
/*  Globals:
/*-----
/*  Calls: kernel.menu disp_help.aml
/*-----
/*  Notes:uses kernel6 C-program
/*-----
/*  temp coverages: pointcoverages : tk#in, tk#2
/*                   asciifiles      : tk#out.unload, tk#kern.asc, tk#outformat.tmp
/*                   grids           : tk#1, tk#3, tk#4, tk#pointk
/*-----
/*  History: - 09/14/95 - Original coding
/*=====
/*
&args routine arglist:rest
/*
&severity &error &routine bailout

/*
/* Check arguments
&if ^ [null %routine%] &then
  &call %routine%
&else
  &call usage
&return

/*-----
&routine INIT /* {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*-----
/* Initialize tool interface
/*
&set position = [extract 1 [unquote %arglist%]]
&set stripe = [extract 2 [unquote %arglist%]]
&set modality = [extract 3 [unquote %arglist%]]
&if [null %position%] or %position%_ = #_ &then
  &set position = &below &thread tool$start
&if [null %stripe%] or %stripe%_ = #_ &then
  &set stripe = BIVARIATE NORMAL KERNEL DENSITY ESTIMATION
&if [null %modality%] or %modality%_ = #_ &then
  &set mode =
&else
  &if [translate %modality%] = MODAL &then
    &set mode = &modal

```

```

&else
  &set mode =
/*
/* Issue thread delete self if thread depth = 2 and input is tty
&if [show &thread &depth] = 2 and [extract 1 [show &thread &stack]] = tty &then
  &set launch = &thread &delete &self
&else
  &set launch
/*
&if [show &thread &exists tool$kernel] &then
  &thread &delete tool$kernel
&thread &create tool$kernel %mode% ~
  &menu kernel ~
  &position [unquote %position%] ~
  &stripe [quote [unquote %stripe%]] ~
  &pinaction '&run kernel exit'
%launch%
/*
&return

/*-----
&routine APPLY
/*-----
&call CHECK
&call SETTINGS
&call KERNEL
&call CLEANUP
&run msinform init [QUOTE Pointcover %.pointcov% converted to Grid
%.kernel$outgrid%]

&return
/*-----
&routine CHECK
/*-----

&if [NULL %.pointcov%] or [NULL %.kernel$outgrid%] or [NULL %.kernel$cellsize%]
&then
  &do
    &run msinform init [QUOTE Required parameters missing]
    &return;&return
  &end
&if [NULL %.kernel$xmin%] or [NULL %.kernel$xmax%] or [NULL %.kernel$ymin%] or
[NULL %.kernel$ymax%] or [NULL %.kernel$outgrid%] or [NULL %.kernel$cellsize%] or
[NULL %.kernel$stddev%] or [NULL %.kernel$radius%] &then
  &do
    &run msinform init [QUOTE Required parameters missing]
    &return;&return
  &end
&if [EXISTS %.kernel$outgrid% -grid] &then
  &do
    &run msinform init [QUOTE Outgrid %.kernel$outgrid% exists]
    &return;&return
  &end
&if ^ [EXISTS %.pointcov% -cover] &then
  &do
    &run msinform init [QUOTE Pointcover %.pointcov% does not exists]~
    [QUOTE (at
least not where you told me)]
    &return;&return
  &end
&If [show program] = ARCEDIT &then
  &do
    quit
  &end

&If [show program] = ARC &then

```

```

&do
  grid
&end
&return
/*-----
&routines SETTINGS
/*-----
&if [NULL %.kernel$weight] &then &s .kernel$weight = #
&if [NULL %.polycov] &then &s .polycov = #
&sv .presel = [QUOTE %.presel]

&set Xmin %.kernel$xmin%
&set Ymin %.kernel$ymin%
&set Xmax %.kernel$xmax%
&set Ymax %.kernel$ymax%

&set cellsize %.kernel$cellsize%
&set stddev %.kernel$stddev%
&set radius %.kernel$radius%
&return

/*-----
&routines KERNEL
/*-----

/* copy pointcover
/* in: pointcov
/* out: t#in
*****

&if [EXISTS tk#in -cover] &then kill tk#in all
copy %.pointcov% tk#in

/* calc kernel estimation for pointcov
/* in: tk#in
/* out: tk#pointk
*****

arc addxy tk#in point
arc tables
select tk#in.pat
&if [SEARCH [upcase %.presel] [ENTRYNAME [upcase %.pointcov]]] > 0 &then
  &sv tpresel = [SUBST %.presel% [UPCASE [ENTRYNAME %.pointcov]] tk#in]
&if [SEARCH [upcase %.kernel$weight] [ENTRYNAME [upcase %.pointcov]]] > 0 &then
  &sv tweight = [SUBST [UPCASE %.kernel$weight] [UPCASE [ENTRYNAME %.pointcov]]
tk#in]
&if ^ [NULL [UNQUOTE %.presel]] AND %.presel% NE '#' &then reselect for [UNQUOTE
%.presel%]
&if ^ [NULL %.kernel$weight] AND [unquote %.kernel$weight] NE # &then
  unload tk#out.unload X-COORD Y-COORD %tweight% columnar tk#outformat.tmp init
&else unload tk#out.unload X-COORD Y-COORD '1' columnar tk#outformat.tmp init

quit
&sys -rhaller/aml/bin/kernel7 tk#out.unload tk#kern.asc %Xmin% %Ymin% %Xmax% %Ymax%
%cellsize% %stddev% %radius%
&if [exists tk#pointk -grid] &then kill tk#pointk all
arc asciigrid tk#kern.asc tk#pointk float

/* calc correction grid for even distribution within Pointcov
*****

&if ^ [NULL %.polycov] AND [QUOTE %.polycov] NE # &then &do
  &if [exists tk#1 -grid] &then kill tk#1 all
  &if [exists tk#1a -grid] &then kill tk#1a all

```

```

&if [exists tk#1b -grid] &then kill tk#1b all
&if [exists tk#2 -cover] &then kill tk#2 all
&if [exists tk#3 -grid] &then kill tk#3 all
&if [exists tk#4 -grid] &then kill tk#4 all
tk#1 = polygrid(%.polycov%, [ENTRYNAME %.polycov%]-ID, #, #, %cellsize%)
tk#1a = con(tk#1 > 0, tk#1)
tk#1b = tk#1a * 0 + 1
tk#2 = gridpoint(tk#1b)
arc addxy tk#2 point
arc tables
select tk#2.pat
unload tk#out.unload X-COORD Y-COORD columnar tk#outformat.tmp init
quit
&sys -/bart/kernel6 tk#out.unload tk#kern.asc %Xmin% %Ymin% %Xmax% %Ymax%
%cellsize% %stddev% %radius%
arc asciigrid tk#kern.asc tk#3 float
describe tk#3
tk#4 = %GRDSZMAX% / tk#3 * tk#1b
%.kernel$outgrid% = tk#pointk * tk#4
&end
&else
  %.kernel$outgrid% = tk#pointk
&return

/*-----
&routines CLEANUP
/*-----

/* cleanup temp files
*****

&if [exists tk#in -cover] &then kill tk#in all
&if [exists tk#out.unload -file] &then &s status [delete tk#out.unload]
&if [exists tk#kern.asc -file] &then &s status [delete tk#kern.asc]
&if [exists tk#outformat.tmp -file] &then &s status [delete tk#outformat.tmp]
&if [exists tk#1 -grid] &then kill tk#1 all
&if [exists tk#1a -grid] &then kill tk#1a all
&if [exists tk#1b -grid] &then kill tk#1b all
&if [exists tk#2 -cover] &then kill tk#2 all
&if [exists tk#3 -grid] &then kill tk#3 all
&if [exists tk#4 -grid] &then kill tk#4 all
&if [exists tk#pointk -grid] &then kill tk#pointk all

&delvar .presel
&return
/*-----
&routines DRAW
/*-----
clear
mape %.kernel$outgrid%
&if ^ [NULL %.presel] &then
  reselect %.pointcov% point [UNQUOTE %.presel%]

gridp %.kernel$outgrid% # LINEAR # GRAY
pointmarkers %.pointcov% 3
arcs -bartli/basis/grgr
&return

/*-----
&routines HELP
/*-----
/* Display help for this tool
&run disp_help kernel

```

```

&return

/*-----
&routine USAGE
/*-----
/* Display usage for this tool
&type Usage: KERNEL INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
&return &inform

/*-----
&routine EXIT
/*-----
/* Clean up and exit menu
&dv .kernel$*
&dv .presel
&if [show &thread &exists tool$kernel] &then
  &thread &delete tool$kernel
&return

/*-----
&routine BAILOUT
/*-----
&severity &error &ignore
/* &call exit
&return &warning An error has occurred in routine: %routine% (KERNEL.AML).

```

```

7
/*-----
/*      Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*      Menu: KERNEL.MENU
/*      Purpose: kernel tool interface.
/*-----
/*      Calls: kernel
/*-----
/*      Globals: .kernel$*
/*-----
/*      Notes: BIVARIATE NORMAL KERNEL DENSITY ESTIMATION ROUTINE
/*-----
/*      History: - 09/14/95 - Original coding
/*=====
                          Input Coverages

Pointcoverage  ^: %loadpointcov  %load1
Weightitem    ^: %weight         %list
Reselect statement for the pointcoverage (if desired)
(Example: species = 'r' or number < 10 and size > 5 )
%presel

Polygoncoverage ^: %loadpolycov   %load2

-----

                          Grid Parameters

Output Grid name: ^%outgrid
Cellsize (Grid) : ^%gridsize
Xmin ^: ( %xmin ) %xmin
Ymin ^: ( %ymin ) %ymin
Xmax ^: ( %xmax ) %xmax
Ymax ^: ( %ymax ) %ymax
%defaults

-----

                          Kernel Parameters

Standard Deviation  ^: %stddev
Radius              ^: %radius

-----

%submit %draw %bye
%bye BUTTON KEEP 'BYE' &run kernel EXIT
%submit BUTTON KEEP 'Submit' &r kernel apply
%defaults BUTTON KEEP 'Get Defaults' describe %pointcov%;~
  &setvar .kernel$xmin := [truncate %DSC$xmin%];~
  &setvar .kernel$xmax := [truncate %DSC$xmax%];~
  &setvar .kernel$ymin := [truncate %DSC$ymin%] + 1;~
  &setvar .kernel$ymax := [truncate %DSC$ymax%] + 1;

%load1 BUTTON KEEP 'Load'~
  &thread &create Save &run getcover init .pointcov *
%list BUTTON KEEP 'List ' &setvar .kernel$weight = [getitem %pointcov% -point]
%load2 BUTTON KEEP 'Load'~
  &thread &create Save &run getcover init .polycov *
%loadpointcov INPUT .pointcov 20 TYPEIN YES COVER * -all ~
  'Select a coverage'
%loadpolycov INPUT .polycov 20 # INITIAL # TYPEIN YES COVER * -all ~
  'Select a coverage'
%xmin DISPLAY .kernel$xmin 7
%xmax DISPLAY .kernel$xmax 7

```

```

%ymin DISPLAY .kernel$kymin 7
%ymax DISPLAY .kernel$kymax 7
%kxmin INPUT .kernel$kxmin 12 REAL
%kxmax INPUT .kernel$kxmax 12 REAL
%kymin INPUT .kernel$kymin 12 REAL
%kymax INPUT .kernel$kymax 12 REAL
%gridsize INPUT .kernel$cellsize 12 REAL
%outgrid INPUT .kernel$outgrid 12 CHARACTER
%stddev INPUT .kernel$stddev 6 INTEGER
%radius INPUT .kernel$radius 6 INTEGER
%preasel INPUT .preasel 39 HELP 'For cov-ID and cov# use tk#in-id and tk#in#'
CHARACTER
%weight INPUT .kernel$weight 20 INITIAL # HELP 'Item name for weighting
observations' CHARACTER
%draw BUTTON KEEP 'Draw Result' &run kernel DRAW

%FORMOPT SETVARIABLES IMMEDIATE MESSAGEVARIABLE .kernel$msg

```

```

/* kernel.c */
/* calculates Bivariate Normal Kernel Estimation */
/* includes option to set max searchradius */
/* */
/* Output from p2c, the Pascal-to-C translator */
/* From input file "kernel2.pas2" */

```

```

#include "p2c.h"
#include "/usr/include/math.h"

```

```

typedef double pointarray[50000][3];

```

```

Static Char Infilename[256], Outfilename[256];
Static FILE *Infile, *Outfile;
Static long I, Code, Imax, result;
Static pointarray Points;
Static double X, Y, W, StdDev, Radius, Xi, Yi, Xmin, Ymin, Xmax, Ymax, d,
GridX, GridY, Kern, distance, ncol, nrow, Xmingrid, Ymingrid;

```

```

Static Void ReadCoord()

```

```

{
/* Reads Coordinates from file */
I = 0;
X = 0.0;
Y = 0.0;
W = 0.0;
Infile = fopen(Infilename,"r");
rewind(Infile);
while (!feof(Infile)) {
I++;
if ((result = fscanf(Infile, "%lg%lg%lg", &X, &Y, &W)) > 0) {
Points[I - 1][0] = X;
Points[I - 1][1] = Y;
Points[I - 1][2] = W;
}
}
Imax = I - 1;
if (Infile != NULL)
fclose(Infile);
Infile = NULL;
}

```

```

Static Void CalcKern()

```

```

{
/* Calculates Kernel for Gridcell Xi,Yi */
long FORLIM;
double TEMP, TEMP1, TEMP2;

Kern = 0.0;
FORLIM = Imax;
for (I = 1; I <= FORLIM; I++) {
TEMP = Points[I - 1][0] - Xi;
TEMP1 = Points[I - 1][1] - Yi;
distance = sqrt(TEMP * TEMP + TEMP1 * TEMP1);
if (distance <= Radius) {
TEMP2 = distance / StdDev;
Kern += Points[I - 1][2] * exp(-0.5 * (TEMP2 * TEMP2)) / sqrt(2 * M_PI *
StdDev * StdDev);
}
}
}
}

```

```

Static Void WriteHead()
{
  /* Write Header for Arc/Info asciigrid routine */
  double TEMP;

  modf((Xmax - Xmin) / d + 1 , &TEMP);
  ncol = TEMP;
  modf((Ymax - Ymin) / d + 1 , &TEMP);
  nrow = TEMP;
  Xmingrid = Xmin - 0.5 * d ;
  Ymingrid = Ymin - 0.5 * d ;
  fprintf(Outfile, "NCOLS %6.0f\n", ncol);
  fprintf(Outfile, "NROWS %6.0f\n", nrow);
  fprintf(Outfile, "XLLCORNER %12.3f\n", Xmingrid);
  fprintf(Outfile, "YLLCORNER %12.3f\n", Ymingrid);
  fprintf(Outfile, "CELLSIZE %12.3f\n", d);
  fprintf(Outfile, "NODATA_VALUE -32768\n");
}

```

```

fclose(Outfile);
exit(EXIT_SUCCESS);
}

```

```

/* End. */

```

```

main(argc, argv)
int argc;
Char *argv[];
{
  Char STR1[256];

  Outfile = NULL;
  Infile = NULL;
  strcpy(Infilename, argv[1]);
  strcpy(Outfilename, argv[2]);
  Code = (sscanf(strcpy(STR1, argv[3]), "%lg", &Xmin) == 0);
  Code = (sscanf(strcpy(STR1, argv[4]), "%lg", &Ymin) == 0);
  Code = (sscanf(strcpy(STR1, argv[5]), "%lg", &Xmax) == 0);
  Code = (sscanf(strcpy(STR1, argv[6]), "%lg", &Ymax) == 0);
  Code = (sscanf(strcpy(STR1, argv[7]), "%lg", &d) == 0);
  Code = (sscanf(strcpy(STR1, argv[8]), "%lg", &StdDev) == 0);
  Code = (sscanf(strcpy(STR1, argv[9]), "%lg", &Radius) == 0);
  ReadCoord();
  Outfile = fopen(Outfilename, "w");
  if (Outfile != NULL)
    rewind(Outfile);
  else
    Outfile = tmpfile();
  WriteHead();
  Yi = Ymax;
  while (Yi >= Ymin) {
    Xi = Xmin;
    while (Xi <= Xmax) {
      CalcKern();
      fprintf(Outfile, "%9.6f", Kern);
      Xi += d;
    }
    putc('\n', Outfile);
    Yi -= d;
  }
  if (Outfile != NULL)
    fclose(Outfile);
  Outfile = NULL;
  printf("\nParameters : Infile Outfile Xmin Ymin Xmax Ymax D StdDev Radius\n");
  printf("the end... \n");

  if (Infile != NULL)
    fclose(Infile);
  if (Outfile != NULL)

```

```

/*-----
/*           Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*   Program: LINE.AML
/*   Purpose:
/*-----
/*   Usage: LINE INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*   Usage: LINE <routine> {args}
/*-----
/* Arguments: routine - name of the routine to be called.
/*            position - (quoted string) opening menu position.
/*            stripe - (quoted string) menu stripe displayed.
/*            MODELESS | MODAL - keyword for creating modal thread.
/*-----
/* Routines: BAILOUT - error handling.
/*            EXIT - cleanup and exit tool.
/*            HELP - display tool help file.
/*            INIT - initialize tool and invoke menu.
/*            USAGE - return tool usage.
/*-----
/* Globals:
/*-----
/* Calls: line.menu disp_help.aml
/*-----
/* Notes:
/*-----
/* History: - 08/09/95 - Original coding
/*-----
/*-----
&args routine arglist:rest
/*
&severity &error &routine bailout
/*
/* Check arguments
&if ^ [null %routine%] &then
  &call %routine%
&else
  &call usage
&return

/*-----
&routine INIT /* {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*-----

&if [show program] = ARC &then grid
&if [show program] ne ARC &then
  &do
    quit
    grid
  &end

/* Initialize tool interface
/*
&set position = [extract 1 [unquote %arglist%]]
&set stripe = [extract 2 [unquote %arglist%]]
&set modality = [extract 3 [unquote %arglist%]]
&if [null %position%] or %position%_ = #_ &then
  &set position = &below &thread tool$start
&if [null %stripe%] or %stripe%_ = #_ &then
  &set stripe = Bartgeier - Bewegungen
&if [null %modality%] or %modality%_ = #_ &then
  &set mode =
&else
  &if [translate %modality%] = MODAL &then
    &set mode = &modal

```

```

&else
  &set mode =
/*
/* Issue thread delete self if thread depth = 2 and input is tty
&if [show &thread &depth] = 2 and [extract 1 [show &thread &stack]] = tty &then
  &set launch = &thread &delete &self
&else
  &set launch
/*
&if [show &thread &exists tool$line] &then
  &thread &delete tool$line
  &thread &create tool$line %mode% ~
  &menu line ~
  &position [unquote %position%] ~
  &stripe [quote [unquote %stripe%]] ~
  &pinaction '&run line exit'
%launch%
/*
&return

/*-----
&routine SETTINGS
/*-----
&set .line$cov [after %pointcov% %init$workspace%/]

&if [variable .line$choice] = .FALSE. &then
&do
/* Datum aufschlüsseln

&set .line$s_date [before %line$date% -]
&set .line$e_date [after %line$date% -]

&set .line$s_day [extract 1 %line$s_date%]
&set .line$s_month [extract 2 %line$s_date%]
&set .line$s_year [extract 3 %line$s_date%]

&set .line$e_day [extract 1 %line$e_date%]
&set .line$e_month [extract 2 %line$e_date%]
&set .line$e_year [extract 3 %line$e_date%]

/* Tablestring, wenn gleiches Jahr aber ungleicher Monat
/*

&if %line$s_year% = %line$e_year% and %line$s_month% ne %line$e_month% &then
  &do
    &set text1 resel jahr =
    &set string1 %text1% %line$e_year%

    &set string2 resel monat = %line$s_month% and tag >= %line$s_day% or ( monat >
%line$s_month% and monat < %line$e_month% ) or ( monat = %line$e_month% and tag
<= %line$e_day% )

    &end.
*
*
Vegetation: 16, 97, 95, 96, 99
Gewässer: 91, 92, 69
Unproduktive

/* Tablestring, wenn ungleiches Jahr
/*
&if %line$s_year% ne %line$e_year% &then
  &do
    &set string1 jahr = %line$s_year% and monat = %line$s_month% and Tag >=
%line$s_day%
    &set string2 jahr = %line$s_year% and monat > %line$s_month%

```

```

&set .line$nr_years [calc %.line$e_year% - %.line$s_year%]
&set u %.line$nr_years%
&set x [calc %.line$s_year% + 1]

&do i = 2 &to %u%
  &set text1 jahr =
  &set text2 or
  &if %i% = 2 &then
    &do
      &set string2 %text1% %x% %text2%
    &end
  &if %i% = %u% &then
    &do
      &set string2 %string2% %text1% %x%
    &end
  &else
    &do
      &set string2 %string2% %text1% %x% %text2%
    &end
  &set x [calc %x% + 1]
&end

&set string3 jahr = %.line$e_year% and monat < %.line$e_month%
&set string4 jahr = %.line$e_year% and monat = %.line$e_month% and tag =
%.line$e_day%

  &set stringend resel %string1% or ( %string2% ) or ( %string3% ) or ( %string4% )
&end

/* Tablesstring, wenn gleiches Jahr, gleicher Monat, ungleicher Tag
/*
&if %.line$s_year% = %.line$e_year% and %.line$s_month% = %.line$e_month% and
%.line$s_day% ne %.line$e_day% &then
  &do
    &set text1 resel jahr =
    &set string1 %text1% %.line$e_year%
    &set text2 resel monat =
    &set string2 %text2% %.line$e_month%
    &set string3 resel tag > %.line$s_day% and tag < %.line$e_day%
  &end

/* Tablesstring, wenn gleiches Jahr, gleicher Monat, gleicher Tag
/*
&if %.line$s_year% = %.line$e_year% and %.line$s_month% = %.line$e_month% and
%.line$s_day% = %.line$e_day% &then
  &do
    &set text1 resel jahr =
    &set string1 %text1% %.line$e_year%
    &set text2 resel monat =
    &set string2 %text2% %.line$e_month%
    &set string3 resel tag = %.line$s_day%
  &end

&if [exists coord.dat -file] &then
  &set dummy [delete coord.dat -file]

&if [exists %.line$cov%.dat -info ] &then
  &set dummy [delete %.line$cov%.dat -info]

&end

&return

```

```

/*-----
&routine SORT_DAT
/*-----
arc tables

&if [exist %.line$cov%.dat -info] &then
  &do
    sel %.line$cov%.dat
    erase %.line$cov%.dat
    Y
  &end

copy %.line$cov%.pat %.line$cov%.dat
sel %.line$cov%.dat
sort jahr monat tag zeit

&If [variable .line$choice] = .FALSE. &then
  &do
    sel %.line$cov%.dat
    &if %.line$s_year% = %.line$e_year% and %.line$s_month% ne %.line$e_month% &then
      &do
        %string1%
        %string2%
      &end
    &if %.line$s_year% ne %.line$e_year% &then
      &do
        %stringend%
      &end
    &if %.line$s_year% = %.line$e_year% and %.line$s_month% = %.line$e_month% &then
      &do
        %string1%
        %string2%
        %string3%
      &end
    &end
  &return

/*-----
&routine READ_INFO_DAT
/*-----
/*
/*
/*
/*

&if [show number select] > 1 &then
  &do

    &set schlaufe [show number select] - 1

    &do i = 1 &to %schlaufe%

      &set xkoord1 [show record %i% item x-coord]
      &set ykoord1 [show record %i% item y-coord]
      &set k %i% + 1
      &set xkoord2 [show record %k% item x-coord]
      &set ykoord2 [show record %k% item y-coord]

      &call WRITE
    &end

    /*&popup coord.dat

  quit

```

```

&end
&else
&do
&set texta Es wurde genau
&set textb [show number select]
&set textc Punkt selektiert
&set text1 [quote %texta% %textb% %textc%. Damit laesst sich ]
&set text2 'keine Linie bilden... Die Funktion wir abgebrochen!'
&run msinform init %text1% %text2%
quit
&return;&return
&end
&return

/*-----
&routine WRITE
/*-----
&set file1 coord.dat

&set fileunit1 [open %file1% openstatus -APPEND]

&if %openstatus% = 0 &then
&do /*2
&set zeile %xkoord1%*%ykoord1%**%xkoord2%**%ykoord2%
&set writestatus [write %fileunit1% %zeile%]

&set closestatus [close %fileunit1%]

&end /*2
&else
&do
&run msinform INIT [QUOTE Fehler beim /ffnen der %file1%-Datei!]
&return
&end

&return

/*-----
&routine READ
/*-----

/*grid
clear
make %line$cov%

mapunits meter
pageunits cm
pagesize device
units page
ggray ~bartli/basis/riminizz
shadecolor white
shadeput 2
polygonshades ~bartli/bgdat/ausw_9194/maske symbol
textset font.txt
textfont 94021
textquality proportional
textsize 0.4
move 0.5 3
text 'Bartgeier Settschient'
move 0.5 2.4
&set a [QUOTE %line$date%]
text %a%

```

```

units map
markercolor 2
points %line$cov%
lineset color
/*linesize 0.05
linecolor %line$slider1%

&set file1 coord.dat
/*
/* /ffnen der Textdatei coord.dat
/*
&if [exists %file1% -file] &then
&set fileunit = [open %file1% openstatus -read]
&else
&do
&call EXIT
&return
&end

/*
/* Einlesen der einzelnen Records
/*
&if %openstatus% = 0 &then
&do
&set zeile = [READ %fileunit% readstatus]
&do &while %readstatus% ne 102
&if not [NULL %zeile%] &then
/*&pause &seconds 2
&call DO_LINE

&set zeile = [READ %fileunit% readstatus]
&end

&set closestatus = [close %fileunit%]

&end
&else
&do

&run msinform INIT [QUOTE Fehler beim /ffnen der %file1%-Datei!]

&return

&end

/*quit
&return

/*-----
&routine DO_LINE
/*-----
&set xk1 [before %zeile% *]
&set yk1 [after [before %zeile% **] *]
&set xk2 [after [before %zeile% ***] **]
&set yk2 [after %zeile% ***]
&ty [show units]
line %xk1% %yk1% %xk2% %yk2%

&return

```

```

/*-----
&routine OK
/*-----
&call SETTINGS
&call SORT_DAT
&call READ_INFO_DAT
&call READ
&call CLEAN_UP

&return
/*-----
&routine CLEAN_UP
/*-----

&return
/*-----
&routine HELP
/*-----
/* Display help for this tool
&run disp_help line
&return

/*-----
&routine USAGE
/*-----
/* Display usage for this tool
&type Usage: LINE INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
&return &inform

/*-----
&routine EXIT
/*-----
/* Clean up and exit menu
&dv .line$*
&if [show &thread &exists tool$line] &then
    &thread &delete tool$line
&return

/*-----
&routine BAILOUT
/*-----
&severity &error &ignore
/* &call exit
&return &warning An error has occurred in routine: %routine% (LINE.AML).

```

```

7 line.menu
/*-----
/*
    Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*
    Menu: LINE.MENU
/* Purpose: line tool interface.
/*-----
/*
    Calls: line
/*-----
/*
    Globals: .line$*
/*-----
/*
    Notes:
/*-----
/* History: - 08/09/95 - Original coding
/*=====

Enter the Pointcoverage: %loadpointcov      %load1

                                Time
                                %choice1    %choice2

Linecolor    %slider1

    %ok    %cancel    %help
%loadpointcov INPUT .POINTCOV 20 TYPEIN YES SCROLL NO COVER ~
* -all      'Select a coverage'
%load1 BUTTON KEEP 'Load' &thread &create Save &run getcover init .pointcov *
%choice1 BUTTON KEEP 'All' &set .line$choice
%choice2 BUTTON KEEP 'From ... To' &r line2 init
%slider1 SLIDER .line$slider1 17 TYPEIN NO ~
    STEP 1 ~
    INTEGER 1 7
%ok BUTTON ~
    HELP 'Submit the process' ~
    'OK' &run line ok
%cancel BUTTON CANCEL ~
    HELP 'Quit from this menu' ~
    'Cancel' &run line exit
%help BUTTON KEEP RETURN ~
    HELP 'Display help about this menu' ~
    'Help' &run line help
%FORMOPT SETVARIABLES IMMEDIATE MESSAGEVARIABLE .line$msg

```

```

/*-----
/*           Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*   Program: LINE2.AML
/*   Purpose:
/*
/*-----
/*   Usage: LINE2 INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*   Usage: LINE2 <routine> {args}
/*
/* Arguments: routine - name of the routine to be called.
/*            position - (quoted string) opening menu position.
/*            stripe - (quoted string) menu stripe displayed.
/*            MODELESS | MODAL - keyword for creating modal thread.
/*
/* Routines: BAILOUT - error handling.
/*           EXIT - cleanup and exit tool.
/*           HELP - display tool help file.
/*           INIT - initialize tool and invoke menu.
/*           USAGE - return tool usage.
/*
/* Globals:
/*-----
/*   Calls: line2.menu disp_help.aml
/*-----
/*   Notes:
/*-----
/*   History: - 08/23/95 - Original coding
/*=====
/*
&args routine arglist:rest
/*
&severity &error &routine bailout
/*
/* Check arguments
&if ^ [null %routine%] &then
  &call %routine%
&else
  &call usage
&return

/*-----
&routine INIT /* {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*-----
/* Initialize tool interface
/*
&set position = [extract 1 [unquote %arglist%]]
&set stripe = [extract 2 [unquote %arglist%]]
&set modality = [extract 3 [unquote %arglist%]]
&if [null %position%] or %position%_ = #_ &then
  &set position = &cc &screen &cc
&if [null %stripe%] or %stripe%_ = #_ &then
  &set stripe = Enter the Time-Period
&if [null %modality%] or %modality%_ = #_ &then
  &set mode =
&else
  &if [translate %modality%] = MODAL &then
    &set mode = &modal
  &else
    &set mode =
/*
/* Issue thread delete self if thread depth = 2 and input is tty
&if [show &thread &depth] = 2 and [extract 1 [show &thread &stack]] = tty &then
  &set launch = &thread &delete &self
&else
  &set launch

```

```

/*
&if [show &thread &exists tool$line2] &then
  &thread &delete tool$line2
&thread &create tool$line2 %mode% ~
  &menu line2 ~
  &position [unquote %position%] ~
  &stripe [quote [unquote %stripe%]] ~
  &pinaction '&run line2 exit'
%launch%
/*
&return

/*-----
&routine OK
/*-----
/*
/*
&call EXIT
&return

/*-----
&routine HELP
/*-----
/* Display help for this tool
&run disp_help line2
&return

/*-----
&routine USAGE
/*-----
/* Display usage for this tool
&type Usage: LINE2 INIT {'position''} {'stripe''} {MODELESS | MODAL}
&return &inform

/*-----
&routine EXIT
/*-----
/* Clean up and exit menu
&dv .line2$*
&dv .line$choice
&if [show &thread &exists tool$line2] &then
  &thread &delete tool$line2
&return

/*-----
&routine BAILOUT
/*-----
&severity &error &ignore
/* &call exit
&return &warning An error has occurred in routine: %routine% (LINE2.AML).

```

```

7
/*-----
/*      Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*      Menu: LINE2.MENU
/*      Purpose: line2 tool interface.
/*-----
/*      Calls: line2
/*-----
/*      Globals: .line2$*
/*-----
/*      Notes:
/*-----
/*      History: - 08/23/95 - Original coding
/*=====

```

```

Period (example: 1,1,91-7,7,94)
%input1

```

```

%ok          %cancel      %help
%input1 INPUT .LINESDATE 11 TYPEIN YES SCROLL NO CHARACTER
%ok BUTTON ~
    HELP 'Apply settings and quit menu' ~
    OK &run line2 ok
%cancel BUTTON CANCEL ~
    HELP 'Quit from this menu' ~
    'Cancel' &run line2 exit
%help BUTTON RETURN KEEP ~
    HELP 'Display help about this menu' ~
    'Help' &run line2 help
%FORMOPT SETVARIABLES IMMEDIATE MESSAGEVARIABLE .line2$msg

```

```

/*-----
/*      Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*      Program: CONTOUR.AML
/*      Purpose: calculates contours of a Grid
/*-----
/*      Usage: CONTOUR INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*      Usage: CONTOUR <routine> {args}
/*-----
/*      Arguments: routine - name of the routine to be called.
/*                  position - (quoted string) opening menu position.
/*                  stripe - (quoted string) menu stripe displayed.
/*                  MODELESS | MODAL - keyword for creating modal thread.
/*-----
/*      Routines: BAILOUT - error handling.
/*                EXIT - cleanup and exit tool.
/*                HELP - display tool help file.
/*                INIT - initialize tool and invoke menu.
/*                USAGE - return tool usage.
/*-----
/*      Globals:
/*-----
/*      Calls: contour.menu disp_help.aml
/*-----
/*      Notes:
/*-----
/*      History: rhaller - 07/20/95 - Original coding
/*=====
/*      args routine arglist:rest
/*-----
/*      &severity &error &routine bailout
/*-----
/*      Check arguments
/*      &if ^ [null %routine%] &then
/*          &call %routine%
/*      &else
/*          &call usage
/*      &return

/*-----
/*      &routine INIT /* {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*-----
/*      Initialize tool interface
/*-----
/*      &set position = [extract 1 [unquote %arglist%]]
/*      &set stripe = [extract 2 [unquote %arglist%]]
/*      &set modality = [extract 3 [unquote %arglist%]]
/*      &if [null %position%] or %position%_ = #_ &then
/*          &set position = &right &display
/*      &if [null %stripe%] or %stripe%_ = #_ &then
/*          &set stripe = Calculating Contour-Lines
/*      &if [null %modality%] or %modality%_ = #_ &then
/*          &set mode =
/*      &else
/*          &if [translate %modality%] = MODAL &then
/*              &set mode = &modal
/*          &else
/*              &set mode =
/*-----
/*      Issue thread delete self if thread depth = 2 and input is tty
/*      &if [show &thread &depth] = 2 and [extract 1 [show &thread &stack]] = tty &then
/*          &set launch = &thread &delete &self
/*      &else
/*          &set launch

```

```

/*
&if [show &thread &exists tool$contour] &then
  &thread &delete tool$contour
&thread &create tool$contour %mode% ~
  &menu contour ~
  &position [unquote %position%] ~
  &stripe [quote [unquote %stripe%]] ~
  &pinaction '&run contour exit'
%launch%
/*
&return

/*-----
&routine ABBRUCH_CHECK
/*-----
/*
&if [EXISTS newgrid -grid] &then kill newgrid all
&if [EXISTS newgrid2 -grid] &then kill newgrid2 all

/* Check variables
&if [variable .grid] = .FALSE. &then
  &do
    &r msinform init 'Bitte zuerst ein Grid auswaehlen'
    &call EXIT
    &return
  &end

/*Check program
&s .cxSoldpvm = [show program]
&if [show program] = ARC &then
  &do
    /*arc
display 9999 1 position below thread tool$start
  grid
  &end
&if [show program] ^= GRID &then
  &do
    &run msinform INIT ~
      [QUOTE You must be in ARC or GRID for calculate Contour Lines]
    &call EXIT
    &return
  &end

&call INIT
&return

/*-----
&routine SETTINGS
/*-----
&set ingrid [after %grid% %init$workspace%/]
&set percent [calc 100 - %contour$percent%]

&if [exists %contour$outcov% -cover] &then
  &do
    &set text1 %contour$outcov%
    &set text2 'already exists!'
    &r msinform init %text1% %text2%
    &call EXIT
    &return
  &end
&else
  &do
    &set outcov %contour$outcov%
  &end

&call START

```

```

&call EXIT
&return

/*-----
&routine START
/*-----
/* Calculates a new grid using option int (integer)

&if [EXISTS newgrid -grid] &then kill newgrid all
&if [EXISTS newgrid2 -grid] &then kill newgrid2 all
&describe %ingrid%

newgrid = int(1 / %GRD$ZMAX% * %ingrid% * 255)
newgrid2 = float(1 / %GRD$ZMAX% * %ingrid% * 255)
&describe newgrid
&setvar cellsize = %GRD$DX%

&describe newgrid2
&set interval = %GRD$ZMAX% + 1
docell
  volume += newgrid
end
&set vol2 := [show volume] * %cellsize% * %cellsize%
&type %vol2%

&call COUNT

&return

/*-----
&routine COUNT
/*-----
&if [iteminfo newgrid -vat vol -exists] = .false. &then
  arc additem newgrid.vat newgrid.vat vol 8 8 f 5
  arc tables
  &messages &off
  &set volume 0
  &set vol_before 0
  &set record 1
  sel newgrid.vat
  nsel
  &do &until %volume% > %percent%
    asel $recno = %record%

    &if [show number select] = 1 &then
      &do
        calc vol = count * value * %cellsize% * %cellsize% / %vol2% * 100 + %vol_before%
        &set volume = [show record %record% vol]
        &set record %record% + 1
        &set vol_before = %volume%

        resel
      &end
    &end

  &call INTERPOLATION
  &call CONTOUR

&return

/*-----
&routine INTERPOLATION
/*-----
&set a %record% - 1

```

```

&set b %record% - 2
&set int1 [show record %a% vol]
&set int2 [show record %b% vol]

&set diff1 [calc %int1% - %int2%]
&set diff2 [calc %percent% - %int2%]

&set real_value [calc %diff2% / %diff1% + %b% - 1]
&messages &on
&type %real_value%

q
&return

/*-----
&routine CONTOUR
/*-----

&if [exists %outcov% -cover] &then arc kill %outcov% all

arc latticecontour newgrid2 %outcov% %interval% %real_value%

mape %ingrid%
ggray %ingrid%
linecolor 2
arcs %outcov%

&return

/*-----
&routine HELP
/*-----
/* Display help for this tool
&run disp_help contour
&return

/*-----
&routine USAGE
/*-----
/* Display usage for this tool
&type Usage: CONTOUR INIT {''position''} {''stripe''} {MODELESS | MODAL}
&type Usage: CONTOUR <routine> {args}
&return &inform

/*-----
&routine EXIT
/*-----
/* Clean up and exit menu
&if [EXISTS newgrid -grid] &then kill newgrid all
&if [EXISTS newgrid2 -grid] &then kill newgrid2 all

&dv .contour$*
&if [show &thread &exists tool$contour] &then
  &thread &delete tool$contour
&return

/*-----
&routine BAILOUT
/*-----
&severity &error &ignore
/* &call exit

&return &warning An error has occurred in routine: %routine% (CONTOUR.AML).

```

```

7
/*-----
/*      Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*      Menu: CONTOUR.MENU
/*      Purpose: contour tool interface.
/*-----
/*      Calls: contour
/*-----
/*      Globals: .contour$*
/*-----
/*      Notes:
/*-----
/*      History: rhaller - 07/20/95 - Original coding
/*=====
Volume-Isolines (Percent)
%input1

Coverage containing isolines
%input2

%ok %cancel %help
%input1 INPUT .contour$percent 11 TYPEIN YES SCROLL NO CHARACTER
%input2 INPUT .contour$outcov 11 TYPEIN YES SCROLL NO CHARACTER
%ok BUTTON ~
    HELP 'Apply settings and quit menu' ~
    OK &run contour SETTINGS
%cancel BUTTON CANCEL ~
    HELP 'Quit from this menu' ~
    'Cancel' &run contour exit
%help BUTTON RETURN KEEP ~
    HELP 'Display help about this menu' ~
    'Help' &run contour help
%FORMOPT SETVARIABLES IMMEDIATE MESSAGEVARIABLE .contour$msg

```

```

/*-----
/*      Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*      Program: CHI.AML
/*      Purpose:
/*-----
/*      Usage: CHI INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*      Usage: CHI <routine> {args}
/*-----
/*      Arguments: routine - name of the routine to be called.
/*                  position - (quoted string) opening menu position.
/*                  stripe - (quoted string) menu stripe displayed.
/*                  MODELESS | MODAL - keyword for creating modal thread.
/*-----
/*      Routines: BAILOUT - error handling.
/*                  EXIT - cleanup and exit tool.
/*                  HELP - display tool help file.
/*                  INIT - initialize tool and invoke menu.
/*                  USAGE - return tool usage.
/*-----
/*      Globals:
/*-----
/*      Calls: chi.menu disp_help.aml
/*-----
/*      Notes:
/*-----
/*      History: - 08/03/95 - Original coding
/*=====
&args routine arglist:rest
/*
&severity &error &routine bailout

/* Check program
&if [show program] ne ARC &then
&do
&r msinform INIT 'Diese AML startet in ARC'
&call EXIT
&return
&end

/*
/* Check arguments
&if ^ [null %routine%] &then
&call %routine%
&else
&call usage
&return

/*-----
&routine INIT /* {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*-----

&call PRESETTINGS

/* Initialize tool interface
/*
&set position = [extract 1 [unquote %arglist%]]
&set stripe = [extract 2 [unquote %arglist%]]
&set modality = [extract 3 [unquote %arglist%]]
&if [null %position%] or %position%_ = #_ &then
&set position = &cc &screen &cc
&if [null %stripe%] or %stripe%_ = #_ &then
&set stripe = CHI-SQUARE-TEST
&if [null %modality%] or %modality%_ = #_ &then

```

```

    &set mode =
&else
    &if [translate %modality%] = MODAL &then
        &set mode = &modal
    &else
        &set mode =
/*
/* Issue thread delete self if thread depth = 2 and input is tty
&if [show &thread &depth] = 2 and [extract 1 [show &thread &stack]] = tty &then
    &set launch = &thread &delete &self
&else
    &set launch
/*
&if [show &thread &exists tool$chi] &then
    &thread &delete tool$chi
&thread &create tool$chi %mode% ~
    &menu chi ~
    &position [unquote %position%] ~
    &stripe [quote [unquote %stripe%]] ~
    &pinaction '&run chi exit'
%launch%
/*
&return
/*-----
&routine PRESETTINGS
/*-----

&set .gridcov
&set .polycov blabal
&set .chi$choice POLYGONCOV
&set .cho$item
&set .chi$outfile

&return

/*-----
&routine APPLY
/*-----

&call SETTINGS

/* Variante mit Polygoncoverages wird aufgerufen

&if %chi$choice1% = POLYGONCOV &then
    &do
        &call DO_IS_FREQ
        &call MAKE_RELATE
        &call VALUE
        &call DROP_RELATE
    &end

/*Variante mit Grid wird aufgerufen

&if %chi$choice1% = GRID &then
    &do
        &call VAR_GRID
    &end

&popup %chi$outfile%
&call ZUSATZ

&if [variable .chi$grid] &then
    &delvar %chi$grid%
&if [variable .chi$0olycov] &then
    &delvar %chi$polycov%

```

```

&return

/*-----
&routine ABRUCH_CHECK
/*-----
/*
/*Check variables
&if [variable .pointcov] = .FALSE. &then
    &do
        &r msinform init 'Bitte zuerst eine Pointcoverage auswaehlen'
        &return
    &end

&if %chi$choice1% = POLYGONCOV and [null %polycov%] = .TRUE. &then
    &do
        &r msinform init 'Bitte zuerst eine Polygoncoverage auswaehlen'
        &return
    &end

&if %chi$choice1% = GRID and [QUOTE %grid%] = [QUOTE ] &then
    &do
        &r msinform init 'Bitte erst ein Grid waehlen'
        &return
    &end

&if [null %chi$item%] = .TRUE. &then
    &do
        &r msinform init 'Bitte zuerst ein Flaechenklassierungs-Item auswaehlen'
        &return
    &end

&if [null %chi$outfile%] = .TRUE. &then
    &do
        &r msinform init 'Bitte zuerst ein CHI-File angeben'
        &return
    &end

&if [exists %chi$outfile% -file] = .TRUE. &then
    &do
        &r msinform init [QUOTE Ein File mit dem Namen "%chi$outfile%" ] ~
            [QUOTE existiert schon!]
        &return
    &end

/*Check Coverage
&if [exists %pointcov% -point] = .FALSE. &then
    &do
        &r msinform init 'Die Coverage enthaelt nicht ausschliesslich Punkte'
    &end

&call APPLY

&return

/*-----
&routine DO_IS_FREQ
/*-----

/* 1. Schritt
/* Die Polygoncoverage mit den Umgebungsparametern, z.B.
/* Vegetationsdaten und die Punktcoverage mit den Beo-

```

```

/* bachtungsdaten werden durch INTERSECT ... POINT miteinander
/* verschnitten. Die entstehende Outcoverage enthaelt die
/* Beobachtungspunkte mit dem Item,
/* welches den Umgebungsparameter enhaelt (.chi$weight)

intersect %chi$pointcov% %chi$polycov% %chi$outcov% POINT

/* Die Polygonflaechen eines bestimmten Umgebungsparameters,
/* beschrieben mit einem Item, werden berechnet

frequency %chi$polycov%.pat %chi$polycov%.dat
%chi$item%
end
area
end

/* Die Anzahl Punkte mit einem bestimmten Umgebungsparameter werden
/* festgestellt und in eine Datei geschrieben

frequency %chi$outcov%.pat %chi$outcov%.dat
%chi$item%
end
end

&return

/*-----
&routine VALUE
/*-----
tables
&describe %chi$pointcov%

/* 2. Schritt
/* Anzahl Punkte aus der Coverage wird ausgelesen

&set anz_pts %dsc$points% /* Systemvariable

/*
/* Die mittels FREQUENCY gebildete Datei wird selektiert
/*

sel %chi$polycov%.dat

/*
/* Die Geamtflaeche der Polygonflaeche wird herausgelsen
/*

&set totalarea [after [show record 1 area] -]

/* Anzahl Records wird festgestellt

&set schlaufe [show number select]
&set .chi$free [calc %schlaufe% - 1]

/* Flaechen, beobachteter Wert (via Relate zur FREQUENCY-Datei
/* der Punktcovage werden herausgelesen sowie der Erwartungswert
/* pro Polygon berechnet

&do i = 2 &to %schlaufe%

&set flaeche [show record %i% item area]
&set .chi$pg [show record %i% item %chi$weight%]
&set .chi$erw [calc %flaeche% * [calc %anz_pts% / %totalarea%]]
&set .chi$beob [show record %i% freq2//frequency]
&IF [QUOTE %chi$beob%] = [QUOTE *****] &then
&set .chi$beob 0

```

```

&set .chi$zaehler [calc [calc %chi$beob% - %chi$erw%] ** 2]
&set .chi$chi [calc %chi$zaehler% / %chi$erw%]

/* Der Wert der Testgroesse wird aufsummiert

&set .chi$testvalue [calc %chi$testvalue% + %chi$chi%]

&call WRITE

&end

quit

&return

/*-----
&routine MAKE_RELATE
/*-----
relate add

pgpg
%chi$polycov%.dat
info
%chi$item%
%chi$item%
ordered
rw
freq2
%chi$outcov%.dat
info
%chi$item%
%chi$item%
ordered
rw
[UNQUOTE '']

&return

/*-----
&routine DROP_RELATE
/*-----

relate drop
pgpg
freq2
[UNQUOTE '']

&return

/*-----
&routine WRITE
/*-----
/* 3.Schritt
/* File mit den Chi2-Werten wird geschrieben
/* Reihenfolge:
/* Objektklassen Beob.Wert Erw.Wert (Beob.-Erw.)2 (Beob.-Erw.)2 / Erw.

&set file1 %chi$outfile%
&set fileunit1 [open %file1% openstatus -APPEND]

&if %openstatus% = 0 &then
&do /*2
/*&set zeile
%i*% .chi$pg***.chi$beob****.chi$erw****.chi$zaehler*****.chi$chi%

```

```

&set zeile %i%,%.chi$pg%,%.chi$beob%,%.chi$erw%,%.chi$zaehler%,%.chi$chi%
&set writestatus [write %fileunit1% %zeile%]

&set closestatus [close %fileunit1%]

&end /*2
&else
&do
&run msinform INIT [QUOTE Fehler beim /ffnen der %file%-Datei!]
&return
&end

&return

/*-----
&routine WRITE_TITLE
/*-----
/* 3.Schritt
/* Titel wird geschrieben
/* Reihenfolge:
/* Objektklassen Beob.Wert Erw.Wert (Beob.-Erw.)2 (Beob.-Erw.)2 / Erw.

&set file1 %chi$outfile%
&set fileunit1 [open %file1% openstatus -APPEND]

&if %openstatus% = 0 &then
&do /*2
&set zeile Record,Objektklassen,Beob.Wert,Erw.Wert,(Beob.-Erw.)2,CHI2
&set writestatus [write %fileunit1% %zeile%]

&set closestatus [close %fileunit1%]

&end /*2
&else
&do
&run msinform INIT [QUOTE Fehler beim /ffnen der %file%-Datei!]
&return
&end

&return

/*-----
&routine WRITE_FG_SUM
/*-----
/* 3.Schritt
/* CHISUMME und Freiheitsgrad wird ins File geschrieben
/*

&set file1 %chi$outfile%
&set fileunit1 [open %file1% openstatus -APPEND]

&if %openstatus% = 0 &then
&do /*2
&set zeile %chi$free%,%.chi$testvalue%
&set writestatus [write %fileunit1% %zeile%]

&set closestatus [close %fileunit1%]

&end /*2
&else
&do
&run msinform INIT [QUOTE Fehler beim /ffnen der %file%-Datei!]

```

```

&return
&end

&return

/*-----
&routine VAR_GRID
/*-----
&call WRITE_TITLE

&r appgridspot.aml %chi$grid% %chi$pointcov%

frequency %chi$pointcov%.pat %chi$outcov%.dat
xxspot
end
end

/* Relate zwischen der FREQ-Datei der Pointcoverage und der VAT des GRID
relate add
freq2
%chi$outcov%.dat
info
value
xxspot
ordered
rw
[UNQUOTE '']

statistics %chi$grid%.vat %chi$grid%.stat
sum count
end

&describe %chi$grid%
&set xcell %grd$dx%
&set ycell %grd$dy%

tables

/* Anzahl Punkte aus der Coverage wird ausgelesen
&describe %chi$pointcov%
&set anz_pts %dsc$points% /* Systemvariable

/*&describe %chi$grid%

/* Gesamtflaeche wird berechnet
select %chi$grid%.stat

&set totalarea [calc %xcell% * %ycell% * [show record 1 sum-count]]

sel %chi$grid%.vat

/* Anzahl Records wird festgestellt

&set schlaufe [show number select]
&set .chi$free [calc %schlaufe% - 1]

```

```

/* Flaechе, beobachteter Wert (via Relate zur FREQUENCY-Datei
/* der Punktcoverage werden herausgelesen sowie der Erwartungswert
/* pro Gridklasse berechnet
sel %.chi$grid%.vat

&do i = 1 &to %schlaufe%
&set flaeche [calc %xcell% * %ycell% * [show record %i% item count]]
&set .chi$pg [show record %i% item %.chi$item%]
/*&set .chi$erw [calc %flaeche% * [calc %anz_pts% / %totalarea%]]
&set .chi$erw [calc [calc %flaeche% / %totalarea%] * %anz_pts%]
&set .chi$beob [show record %i% freq2//frequency]
&if [QUOTE %.chi$beob%] = [QUOTE *****] &then
&set .chi$beob 0
&set .chi$zaehler [calc [calc %.chi$beob% - %.chi$erw%] ** 2]
&set .chi$chi [calc %.chi$zaehler% / %.chi$erw%]

/* Der Wert der Testgroesse wird aufsummiert

&set .chi$testvalue [calc %.chi$testvalue% + %.chi$chi%]

&call WRITE

&end

sel

relate drop
freq2
[UNQUOTE '']
quit

&call WRITE_FG_SUM

dropitem %.chi$pointcov%.pat %.chi$pointcov%.pat xxspot

&return

/*-----
&routine ZUSATZ
/*-----
/* Der Freiheitsgrad und chi2 (Testgroesse) werden berechnet
/* und dargestellt
&set text1 [QUOTE freiheitsgrad = [value .chi$free]]
&set text2 [QUOTE testgroesse (chi2) = [value .chi$testvalue]]

&r msinform init %text1% %text2%

&return

/*-----
&routine SETTINGS
/*-----

&set .chi$pointcov [after %.pointcov% %.init$workspace%/]
&if [null %.polycov%] = .FALSE. &then
&set .chi$polycov [after %.polycov% %.init$workspace%/]
&if [null %.grid%] = .FALSE. &then
&do
&lv .grid
&set .chi$grid [after %.grid% %.init$workspace%/]

&if [variable .chi$grid] &then
&set .chi$weight %.chi$item%

&set .chi$outcov xxoutcov

```

```

&set .chi$testvalue 0

&if [exists xxoutcov -cover] &then
kill xxoutcov all

&if [exists %.chi$outfile% -file] &then
&do
[Delete %.chi$outfile% -file]
&end
&if [variable .chi$polycov] &then
&do
&if [exists %.chi$polycov%.dat -info] &then
&do
tables
sel %.chi$polycov%.dat
erase %.chi$polycov%.dat
y
&if [exists %.chi$outcov%.dat -info] &then
&do
sel %.chi$outcov%.dat
erase %.chi$outcov%.dat
y
quit
&end
&end
&end

&if [variable .chi$grid] &then
&do
&if [exists %.chi$outcov%.dat -info] &then
&do
tables
sel %.chi$outcov%.dat
erase %.chi$outcov%.dat
y
&end
&if [exists %.chi$grid%.stat -info] &then
&do
sel %.chi$grid%.stat
erase %.chi$grid%.stat
y
&end
&if [show program] = TABLES &then quit
&end

&if [exists %.chi$outcov%.dat -info] &then
&do
tables
sel %.chi$outcov%.dat
erase %.chi$outcov%.dat
y
quit
&end

&return

/*-----

```

```

&routine ANALYSIS
/*-----
&if [variable .chi$free] and [variable .chi$testvalue] &then
&do
  tables
  sel chitable.dat
  &set .chi$p1 [show record %.chi$free% p1]
  &set .chi$p05 [show record %.chi$free% p05]
  &set .chi$p01 [show record %.chi$free% p01]
  &set .chi$p001 [show record %.chi$free% p001]
  quit
  &set .chi$classes [calc %.chi$free% + 1]
  &r chi_ana init
&end

&else
&do
  &r msinform INIT 'Der Freiheitsgrad und die Testgroesse muessen' ~
  'erst mit dem oberen Teil des Menus berechnet werden'

&end

&return

/*-----
&routine HELP
/*-----
/* Display help for this tool
&run disp_help chi
&return

/*-----
&routine USAGE
/*-----
/* Display usage for this tool
&type Usage: CHI INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
&return &inform

/*-----
&routine EXIT
/*-----
/* Clean up and exit menu
&dv .gridcov
&dv .polycov
&dv .chi$*
&if [show &thread &exists tool$chi] &then
  &thread &delete tool$chi
&return

/*-----
&routine BAILOUT
/*-----
&severity &error &ignore
/* &call exit
&return &warning An error has occurred in routine: %routine% (CHI.AML).

```

```

7 chi.menu
/*-----
/*
  Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/*
  Menu: CHI.MENU
/* Purpose: chi tool interface.
/*-----
/*
  Calls: chi
/*-----
/*
  Globals: .chi$*
/*-----
/*
  Notes:
/*-----
/*
  History: - 08/03/95 - Original coding
/*=====

```

```

Enter the Pointcoverage:  %loadpointcov      %load1
-----
%choice1
  Enter a Polygoncovarage:%lpcov      %load2
  or
  Enter a Grid          : %loadgrid      %load3

  Class-Item           : %weight        %list

  Output-Value-File:                                     %outfile
-----
%ok
-----
%ana
-----
%cancel      %help
%loadpointcov INPUT .POINTCOV 20 TYPEIN YES SCROLL NO COVER ~
* -all      'Select a coverage'
%load1 BUTTON KEEP 'Load' &thread &create Save &run getcover init .pointcov *
%choice1 CHOICE .CHIS$CHOICE1 SINGLE ~
  INITIAL 'POLYGONCOV' ~
  QUERY 'Typeselection of the Areacovaerage' ~
  'GRID' 'POLYGONCOV'
%lpcov INPUT .POLYCOV 20 TYPEIN YES SCROLL NO COVER ~
* -all      'Select a coverage'
%load2 BUTTON KEEP 'Load' ~
  &thread &create Save &run getcover init .polycov *;
  &set .chi$file %.polycov%.pat
%load3 BUTTON KEEP 'Load' ~
  &thread &create Save &run getgrid init .grid *;
  .chi$file %.grid%.vat
%loadgrid INPUT .grid 20 TYPEIN YES SCROLL NO ~
  HELP 'Select a grid'~
  CHARACTER
%weight INPUT .CHIS$ITEM 20 TYPEIN YES SCROLL NO ~
  HELP 'Item name for weighting observations' ~
  CHARACTER
%list BUTTON KEEP 'Load' ~
  &thread &create Save &run getitem init .chi$file .chi$item
%outfile INPUT .CHIS$OUTFILE 12 TYPEIN YES SCROLL NO CHARACTER
%ok BUTTON ~
  HELP 'Submit the process' ~
  'SUBMIT' &run chi ABRUCH_CHECK
%ana BUTTON ~
  HELP 'Compare the value with the Table' ~
  'Analysis' &r chi ANALYSIS
%cancel BUTTON CANCEL ~
  HELP 'Quit from this menu' ~
  'Cancel' &run chi exit

```

```

%help BUTION KEEP RETURN ~
HELP 'Display help about this menu' ~
'Help' &run chi help
%FORMOPT SETVARIABLES IMMEDIATE MESSAGEVARIABLE .chi$msg

```

```

/*-----
/*           Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/* Program: CHI_ANA.AML
/* Purpose:
/*-----
/* Usage: CHI_ANA INIT {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/* Usage: CHI_ANA <routine> {args}
/*
/* Arguments: routine - name of the routine to be called.
/* position - (quoted string) opening menu position.
/* stripe - (quoted string) menu stripe displayed.
/* MODELESS | MODAL - keyword for creating modal thread.
/*
/* Routines: BAILOUT - error handling.
/* EXIT - cleanup and exit tool.
/* HELP - display tool help file.
/* INIT - initialize tool and invoke menu.
/* USAGE - return tool usage.
/*
/* Globals:
/*-----
/* Calls: chi_ana.menu disp_help.aml
/*-----
/* Notes:
/*-----
/* History: - 08/25/95 - Original coding
/*=====
/*
&args routine arglist:rest
/*
&severity &error &routine bailout
/*
/* Check arguments
&if ^ [null %routine%] &then
  &call %routine%
&else
  &call usage
&return

/*-----
&routine INIT /* {'position'} {'stripe'} {MODELESS | MODAL}
/*-----
/* Initialize tool interface
/*
&set position = [extract 1 [unquote %arglist%]]
&set stripe = [extract 2 [unquote %arglist%]]
&set modality = [extract 3 [unquote %arglist%]]
&if [null %position%] or %position%_ = #_ &then
  &set position = &cc &screen &cc
&if [null %stripe%] or %stripe%_ = #_ &then
  &set stripe = Chi2-Values
&if [null %modality%] or %modality%_ = #_ &then
  &set mode =
&else
  &if [translate %modality%] = MODAL &then
    &set mode = &modal
  &else
    &set mode =
/*
/* Issue thread delete self if thread depth = 2 and input is tty
&if [show &thread &depth] = 2 and [extract 1 [show &thread &stack]] = tty &then
  &set launch = &thread &delete &self
&else
  &set launch

```

```

/*
&if [show &thread &exists tool$chi_ana] &then
  &thread &delete tool$chi_ana
&thread &create tool$chi_ana %mode% ~
  &menu chi_ana ~
  &position [unquote %position%] ~
  &stripe [quote [unquote %stripe%]] ~
  &pinaction '&run chi_ana exit'
%launch%
/*
&return

/*-----
&routine USER_ROUTINE
/*-----
/*
/* >>>>> INSERT USER ROUTINE <<<<<<
/*
&return

/*-----
&routine HELP
/*-----
/* Display help for this tool
&run disp_help chi_ana
&return

/*-----
&routine USAGE
/*-----
/* Display usage for this tool
&type Usage: CHI_ANA INIT {''position''} {''stripe''} {MODELESS | MODAL}
&return &inform

/*-----
&routine EXIT
/*-----
/* Clean up and exit menu
&dv .chi_ana$*
&if [show &thread &exists tool$chi_ana] &then
  &thread &delete tool$chi_ana
&return

/*-----
&routine BAILOUT
/*-----
&severity &error &ignore
/* &call exit
&return &warning An error has occurred in routine: %routine% (CHI_ANA.AML).

```

```

7 chi_ana.menu
/*-----
/* Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*-----
/* Menu: CHI_ANA.MENU
/* Purpose: chi_ana tool interface.
/*-----
/* Calls: chi_ana
/*-----
/* Globals: .chi_ana$*
/*-----
/* Notes:
/*-----
/* History: - 08/25/95 - Original coding
/* =====

P1 = %input1
P05 = %input2
P01 = %input3
P001 = %input4

P(calculated)= %input5

Classes %input6
%cancel %help
%input1 DISPLAY .chi$p1 11 VALUE
%input2 DISPLAY .chi$p05 11 VALUE
%input3 DISPLAY .chi$p01 11 VALUE
%input4 DISPLAY .chi$p001 11 VALUE
%input5 DISPLAY .chi$testvalue 11 VALUE
%input6 DISPLAY .chi$classes 21 VALUE
%cancel BUTTON CANCEL ~
  HELP 'Quit from this menu' ~
  'Cancel' &run chi_ana exit
%help BUTTON KEEP RETURN ~
  HELP 'Display help about this menu' ~
  'Help' &run chi_ana help
%FORMOPT SETVARIABLES IMMEDIATE MESSAGEVARIABLE .chi_ana$msg

```

```

/*
/*Date: Mon, 31 Oct 94 10:30:24 PST
/*From: Deanna Dyer <deandyer@eagle.idbsu.edu>
/*Subject: ESRI: SUMMARY: Point Data and GRID
/*
/*Thank you to all who responded to my question regarding converting
/*a detailed point cover to GRID without losing any points that would
/*fall within a cell and then pulling data from another grid.
/*
/*I apologize for not posting sooner, we had a mail disaster
/*and I actually didn't receive any answers via e-mail.
/*
/*Specifically I would like to thank Eric Pyle from ESRI tech support.
/*He sent me an aml that solved my problem exactly. AML attached.
/*The aml uses AP's CELLVALUE to pull data from my vegetation grid and
/*puts it into the .PAT of my point cover, I don't have to worry about
/*rasterizing my points.
/*
/*
/*
/*N-----
/* gridspot.aml
/*
/* Copyright 1993, Environmental Systems Research Institute, Inc.
/*
/*P----- Purpose -----
/*
/* This aml adds an item SPOT to a point coverage PAT and sets it equal
/* to the value of a grid cell at the corresponding location. It is intended
/* to be similar to the LATTICESPOT command except that it does not
/* perform interpolation.
/*
/*A----- Arguments -----
/*
/* grid_name: grid you want to sample from.
/* ptcov: Point coverage to select sample points and receive the data.
/*
/*G----- Global Variables -----
/*L----- Local Variables -----
/*
/* old$display - stores current value of DISPLAY setting to allow it
/* to be restored
/* old$echo - stores current value of &echo setting to allow it to
/* be restored
/* old$messages - saves current value of &messages
/*
/* spotexists - variable to keep track of whether the item SPOT exists
/* in the point coverage PAT
/*
/*I----- Input/Output Files, Coverages, etc. -----
/*
/* xxtemp - ascii file created from a watch file to capture the value
/* of a cell.
/*
/*D----- Detailed Remarks, Assumptions, etc. -----
/*R----- Other AMLs, Menus, or Programs Run from this AML -----
/*B----- Other AMLs, Menus, or Programs which Run this AML -----
/*
/*
/*O----- Operating System Dependencies -----
/*H----- History -----
/*
/* Routine to capture output of CELLVALUE
/* and AML framework Mike Badar 3/26/93
/* Modified to current functionality Eric Pyle 10/20/93

```

```

/*
/*-----Disclaimer-----
/*
/* You may copy, modify, merge, distribute, alter, reproduce and/or create
/* derivative works of this AML for your own internal use. All rights not
/* specifically granted herein are reserved to ESRI.
/*
/* This AML is provide "AS-IS" without warranty of any kind and is not
/* supported by ESRI
/*
/* ESRI DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT
/* NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS
/* FOR A PARTICULAR PURPOSE, SUBJECT TO LOCAL LAW.
/*
/* ESRI shall not be liable for direct, indirect, special, incidental or
/* consequential damages related to your use of this AML, even if ESRI is
/* advised of the possibilities of such damages.
/*
/*
/*E=====
/*
/* Aenderung in appgridspot.aml am 15.11.95 zur Nutzung in der Homerange und
/* Habitatsapplikation von R. Haller. Neu wird das Item xxspot hizugefuegt.
/*
/*
&severity &error &routine bailout

&args grid_name ptcov

&if [show program] ne 'ARC' &then
&return This aml must be run from ARC

&if [null %grid_name%] &then
&return Usage: GRIDSPOT <grid> <point_coverage>

&if ^ [exists %grid_name% -grid] &then
&return Grid %grid_name% does not exist

&if [null %ptcov%] &then
&return Usage: GRIDSPOT <grid> <point_coverage>

&if ^ [exists %ptcov% -point] &then
&return Point coverage %ptcov% does not exist

/* Check whether item already exists in PAT

&if [iteminfo %ptcov%.pat -info xxspot -exists] &then
&do
&type Existing item XXSPOT in %ptcov%.PAT will be overwritten.
&sv spotexists .true.
&if [translate [getchar 'Type q if you want to quit now' n]] = 'Q' &then
&return
&end
&else
&sv spotexists .false.

/* Add item XXSPOT (if necessary) to point coverage PAT.

&if ^ %spotexists% &then
&additem %ptcov%.pat %ptcov%.pat xxspot 4 12 f 3

/* Now go into Arcplot and get the values

ap
&sv old$display [show display]
display 9999 size canvas 10 10 /* graphic display is needed

```

```

mapc %grid_name%
/* Declare and open a cursor to read and write to the PAT

cursor ptcurl declare %ptcov% points rw
cursor ptcurl open

&s old$echo [show &echo]
&echo &off
&s old$messages [show &messages]
&messages &on

/* Start a loop to go through the PAT, find the cell value at each
/* point location, and write it to the SPOT item in the PAT.

&do &while %:ptcurl.aml$next%

&s old$echo [show &echo]
&echo &off
&s old$messages [show &messages]
&messages &on

/* Start the watch file, get a point, and get the value w/ cellvalue.

&watch xxtemp
cellvalue %grid_name% [show select %ptcov% point 1 xy]
&watch &off

&echo %old$echo%

/* Open the watch file and read from it

&s file$unit1 [open xxtemp openstat$unit1 -r]
&s record [read %file$unit1% readstat$unit1]

/* Extract the last element, it's the cell value
/* and set XXSPOT to that value
/* If the location has NODATA, set XXSPOT to -9999

&if [keyword NODATA [unquote %record%]] = 0 &then /* The cell is not NODATA
&s :ptcurl.xxspot [extract 9 [unquote %record%]]
&else
&s :ptcurl.xxspot -9999 /* The cell has NODATA

&s close$stat [close %file$unit1%]
cursor ptcurl next
&end

q /* quit from arcplot
&call exit
&return /* To calling aml
/*
/* ----- Routine Exit -----
/*
&routinel exit
&if [variable old$display] &then
display %old$display%
&if [variable old$messages] &then
&messages %old$messages%
&if [variable old$echo] &then
&echo %old$echo%
&s close$stat [close -all]
&sv d [delete xxtemp -file]
&return
/*
/* ----- Routine Bailout -----
/*

```

```

&routinel bailout
&severity &error &ignore
&call exit
&return; &return &error Bailing out of gridspot.aml

```