

Projektarbeit als Abschluss der Qualifizierung zum GIS-Ingenieur im  
FGE-Trainingscenter, Mettenmeier GmbH, Paderborn



## **GIS in der Biotopverbundplanung**

Pilotprojekt zur Erstellung eines einheitlichen  
Datenmodells und erste Anwendungen

---



Biologische Station Kreis Paderborn-Senne  
Junkernallee 20a  
33161 Hövelhof-Riege

---

Diplom-Biologe Marc Teiwes  
Albrechtstraße 24  
33602 Bielefeld  
0521-9878187  
teiwes1@arcor.de

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	3
2. Auftraggeber und Projektgebiet .....	4
3. Projektplanung .....	5
3.1 Projektstrukturplan (PSP) .....	5
3.2 Zeitplan.....	5
4. Umsetzung.....	5
4.1 Projektvorbereitung .....	5
4.2 Erstellung des Datenmodells .....	7
4.2.1 Konzeption .....	7
4.2.2 Digitalisierung .....	8
4.2.3 Nachträgliches Aufteilen eines Subtypes in der Objektklasse .....	10
4.3 Analysen .....	12
4.3.1 Vergabe von artspezifischen Attributwerten .....	12
4.3.2 Anlage des Netzwerkes.....	13
4.3.3 Durchführung der Analysen .....	16
5. Fazit .....	24
6. Danksagung .....	24
7. Anhang .....	25
7.1 Karte des Projektgebietes .....	25
7.2 Projektstrukturplan .....	26
7.3 Projektzeitplan .....	26
7.4 Tabelle der Biotop mit Attributwerten für die Feldgrille .....	27
7.5 Wanderung zwischen bestehenden Teilpopulationen .....	28
7.6 Neubesiedlung von geeigneten Flächen .....	29
7.8 Bestimmung von jährlichen Ausbreitungswellen zu geeigneten Lebensräumen .....	30
7.7 Bestimmung von jährlichen Ausbreitungswellen zu besiedelten Flächen ..	31
7.9 Bestimmung von maximalen jährlichen Ausbreitungsbereichen .....	32
7.10 Literaturverzeichnis .....	33

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bundesnaturschutzgesetz § 3 Biotopverbund.....	3
Abbildung 2: Männchen der Feldgrille ( <i>Gryllus campestris</i> ).....	6
Abbildung 3: Vergabe von Subtypes und abhängigen Attributwerten in ArcCatalog.....	8
Abbildung 4: Einstellung der Fangfunktionen.....	9
Abbildung 5: Vorgehensweise bei der Digitalisierung.....	10
Abbildung 6: Menüs zur Erstellung von Puffern und Durchführung von „Clip“-Befehlen mit der Arctoolbox.....	11
Abbildung 7: Assistent zum Hinzufügen einer Objektklasse an eine andere in ArcCatalog.....	11
Abbildung 8: Menü zur Durchführung von „Union“-Befehlen mit der Arctoolbox.....	12
Abbildung 9: Exportieren von Daten in ArcMap.....	13
Abbildung 10: Feldwertberechnung in ArcMap.....	13
Abbildung 11: Starten des Assistenten zur Anlage eines neuen Netzwerkes.....	14
Abbildung 12: Auswahl der am Netzwerk beteiligten Feature Classes.....	14
Abbildung 13: Vergabe und Berechnung von Netzwerkattributen.....	15
Abbildung 14: Netzwerk in der Vorschau in ArcCatalog mit Identifizierung eines einzelnen Netzwerkobjektes.....	16
Abbildung 15: NetworkAnalyst-Fenster und Menüleiste mit Benennung der wichtigsten Funktionen.....	17
Abbildung 16: Einstellung von Analysewert (Impedance) und akkumulierten Netzwerkattributen.....	17
Abbildung 17: Attributabfrage zur Filterung der Routen.....	18
Abbildung 18: Menüs zur Berechnung von Geometrien und zum Einfügen von xy-Daten in ArcMap.....	19
Abbildung 19: Menü zum Einfügen der Start- oder Zielpunkte .....	20
Abbildung 20: Einstellung des Analysewertes und der maximalen Grenze für die „closest facility“-Analyse.....	20
Abbildung 21: Beispiele für eine räumliche und eine inverse räumliche Abfrage.....	21
Abbildung 22: Einstellung der Analysewerte für die „Service-Area“-Berechnung.....	21
Abbildung 23: Einstellungen der Eigenschaften der mit der „Service Area“- Funktion erzeugten Polygone.....	22
Abbildung 24: Menüs zur Durchführung von „Spatial Join“ und „Dissolve“-Befehlen.....	23

# 1. Einleitung

Als Abschlussarbeit zur Weiterbildung zum „GIS-Ingenieur“ ist die Bearbeitung eines sechswöchigen Praxisprojektes aus dem GIS-Umfeld vorgesehen. Dieses soll vorzugsweise im Auftrag eines externen Unternehmens oder einer Institution erfolgen. Die Akquise eines solchen Auftrages erfolgt im Regelfall durch den Absolventen selber.

In dem diesem Bericht zugrunde liegenden Projekt wurde aufgrund der Vorbildung als Diplom-Biologe und des beruflichen Zieles des Absolventen die Biologische Station Kreis Paderborn-Senne als Auftraggeber erfolgreich angesprochen. Der Bearbeitungszeitraum von 6 Wochen wurde vom 14.09. – 23.10.2009 festgelegt.

Das durch den Auftraggeber und den Absolventen festgelegte Thema der Arbeit lautet „**GIS in der Biotopverbundplanung**“.

In der zersiedelten Landschaft europäischer Industrienationen ist der Biotopverbund eines der wichtigsten Themen. Ursprünglich großflächige Biotope oder Komplexe von Einzelbiotopen wurden durch Siedlungs- und Straßenbau sowie die intensive Landwirtschaft in kleine Teilflächen zersplittert. Dabei spielt zunehmend nicht nur der tatsächliche Verlust an Lebensräumen, sondern auch die Isolierung der Habitate eine maßgebliche Rolle für den Verlust von Arten, da für die langfristige Erhaltung einer Population<sup>1</sup> ein genetischer Austausch mit einer Vielzahl von Individuen gewährleistet werden muss. Der Biotopverbund (Abb. 1) setzt hier an, um eine Vernetzung bestehender Einzelbiotope zu erreichen. Bei einem funktionierenden Biotopverbund ist nicht nur ein genetischer Austausch zwischen kleinen Teilpopulationen, sondern auch eine erneute Besiedlung bereits verwaister Biotope möglich.

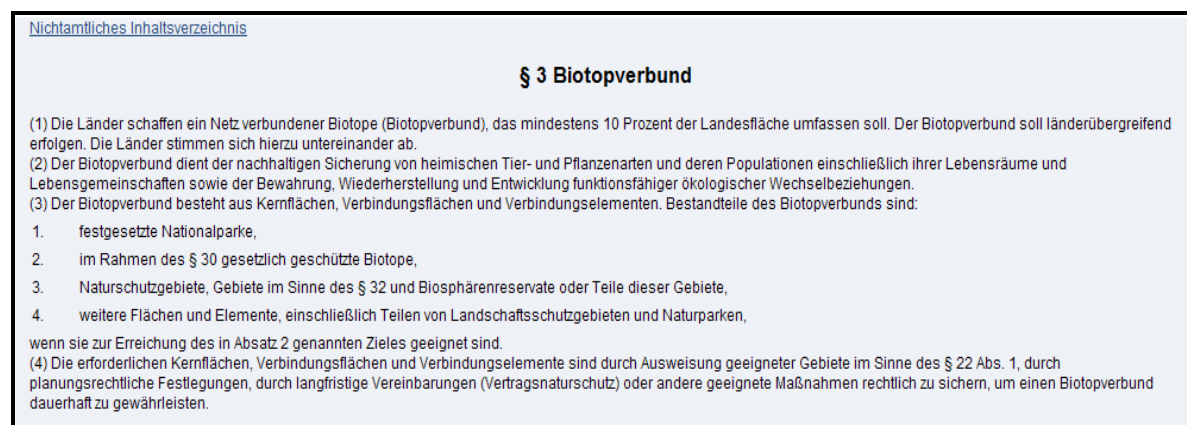


Abbildung 1: Bundesnaturschutzgesetz § 3 Biotopverbund

Die Planung solcher Biotopverbünde musste bislang mühselig von Hand mit analogem oder auch schon digitalem Kartenmaterial geschehen, zusätzlich waren Feldbegehungen notwendig. Hierfür bieten moderne GIS-Systeme viel bessere und effektivere Möglichkeiten, um zumindest eine Analyse der bestehenden Situation mit

<sup>1</sup>„Eine Population ist eine Gruppe von Individuen, die zusammen ein bestimmtes geographisches Areal besetzen“ Urbanska (1992):

Ausbreitungs- und/oder Austauschmöglichkeiten für bestimmte Arten zu treffen und geeignete Maßnahmen festzulegen.

Genau hier setzt die vorliegende Arbeit an. Mit Hilfe der NetworkAnalyst-Erweiterung zu ArcGis 9.3 sollte ein Bereich des Naturraumes Senne aufgrund der bestehenden Biotopflächen hinsichtlich der Ausbreitungsmöglichkeiten für bestimmte Arten, analysiert werden. Der NetworkAnalyst ist ein Werkzeug zur Routenberechnung, welches vornehmlich für eine Analyse des Straßenverkehrs programmiert wurde. Es lässt sich aber auch sehr gut für die genannte Problemstellung nutzen, arbeitet dabei aber nur mit reinen Liniengeometrien.

Somit lässt sich das Ziel der Projektarbeit wie folgt definieren:

1. Erstellung einer allgemeinen Datengrundlage aus Biotopflächen für die Netzwerkanalyse mit der NetworkAnalyst-Erweiterung in ARCGIS 9.3
2. Exemplarische Analyse von Ausbreitungspotentialen einer Art aufgrund bestehender Biotope

## 2. Auftraggeber und Projektgebiet

In Nordrhein-Westfalen existieren rund 40 Biologische Stationen, denen eines gemeinsam ist: sie sind als eingetragene Vereine organisiert und dienen gemeinnützigen Zwecken. Idee der Politik in Nordrhein-Westfalen war es, Biologische Stationen als Vermittler zwischen Behörden und ehrenamtlichen Interessenvertretern des Naturschutzes zu fördern.

Die Biologischen Stationen in Nordrhein-Westfalen betreuen meist das Gebiet eines oder mehrerer Landkreise bzw. kreisfreier Städte. Das Aufgabenspektrum der Biologischen Stationen reicht von wissenschaftlicher Feldarbeit über das Ausarbeiten und Durchführen von Maßnahmen zum Schutz bestimmter Gebiete bis hin zur Beratung, Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung.

Die Biologischen Stationen haben ihre Wurzel in ehrenamtlich arbeitenden Gruppen. Biologen sahen die Notwendigkeit, eine gezielte und umfassende Beobachtung der Natur zu leisten und die Datengrundlage zu sichern, um bei Planungen und Entscheidungen der Politik im Sinne eines fachlich fundierten Naturschutzes mitzuwirken.

Die **Biologische Station Kreis Paderborn-Senne** ist 2009 aus der Zusammenlegung von vormals drei Biologischen Stationen des Kreises Paderborn hervorgegangen. Die Station betreut das gesamte Kreisgebiet und den Naturraum Senne, der zu verschiedenen Anteilen auch in den Kreisen Gütersloh und Lippe sowie der Stadt Bielefeld liegt. Besondere Arbeitsschwerpunkte sind unter anderem verschiedene Beweidungsprojekte, der Schutz von Stechimmen und Amphibien sowie der Erhalt der einzigartigen Kulturlandschaft der Region.

Innerhalb des großen Betreuungsgebietes der Station wurde ein kleinerer Bereich als Projektgebiet ausgewählt. Dieser umfasst einen großen Teil des Naturraumes Senne, wobei die Truppenübungsplätze aufgrund Ihrer großflächig vorhandenen natürlichen Biotope ausgeschlossen wurden. Eine kartographische Darstellung des Projektgebietes findet sich im Anhang unter Punkt 7.1.

## **3. Projektplanung**

Um eine effiziente Umsetzung in dem eng gesteckten Zeitrahmen von sechs Wochen zu gewährleisten, wurde eine intensive Projektplanung durchgeführt. Diese umfasste einen Projektstrukturplan und einen Zeitplan.

### **3.1 Projektstrukturplan (PSP)**

In einem PSP werden die einzelnen Teilaufgaben des Projektes festgelegt und in einzeln zu bearbeitende Arbeitspakete differenziert. Dabei wird die Struktur des Projektes in übersichtlicher Form graphisch dargestellt. Der Projektstrukturplan zu diesem Projekt findet sich im Anhang unter Punkt 7.2, die Erstellung erfolgte mit der Organigramm-Funktion in PowerPoint 2003. Die weitere Einteilung der Ausführungen in Kapitel 4 - Umsetzung – folgt im Wesentlichen dieser Gliederung.

### **3.2 Zeitplan**

Auf Basis des PSP wurde ein genauer Zeitplan mit MS Project Professional 2003 erstellt. Hiermit lassen sich zeitliche Vorgaben für die Bearbeitung der einzelnen Arbeitspakete graphisch darstellen. So wird eine ständige Überprüfung des Projektstatus vereinfacht und ein guter Überblick über die noch ausstehenden Arbeiten und ihre Dauer ermöglicht. Der erstellte Zeitplan findet sich im Anhang unter Punkt 7.3.

## **4. Umsetzung**

Die Gliederung dieses Unterkapitels erfolgte im Wesentlichen nach den im Projektstrukturplan (vergl. ‚Kap. 3.1) festgelegten Teilaufgaben. Zusätzlich werden die relevanten Ergebnisse an entsprechenden Stellen beschrieben.

### **4.1 Projektvorbereitung**

Zunächst wurde eine umfangreiche Datensichtung der an der Biologischen Station vorhandenen raumbezogenen Daten durchgeführt. Dabei ergab sich, dass für einige Tierarten umfassende Daten zur Verbreitung und Biologie vorlagen, sowie dass ein ausreichender Satz an georeferenzierten Rasterdaten als DGK5<sup>2</sup> für eine genaue Bearbeitung zur Verfügung stand. Die Biotopflächen konnten auf Basis der Vegetationsdaten aus dem ATKIS<sup>3</sup> für ein erstes Datenmodell ausreichend kategorisiert werden. Da die Analyse mit dem NetworkAnalyst nur mit Liniengeometrien arbeiten kann, wurde hier beschlossen, über diese Flächen Linien von Hand zu digitalisieren.

Daraufhin führte der Bearbeitende einen Test des im Unterricht nicht verwendeten NetworkAnalysten durch, um Möglichkeiten auszuloten und eine genaue Vorgehensweise bei der Erstellung des Datenmodells festlegen zu können. Da eine Netzwerkverfolgung aus anderen Unterrichtsinhalten bekannt war (z.B. Smallworld

---

<sup>2</sup> Deutsche Grundkarte 1:5000

<sup>3</sup> Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem

Fachschalen Strom, Gas), war eine schnelle Einarbeitung möglich. Insgesamt befand der Bearbeitende die Funktionalitäten für die Durchführung des Projektes als ausreichend.

In Besprechungen mit dem direkten Betreuer von der Biologischen Station, Herrn Christian Venne, wurden das Projektgebiet festgelegt und zu analysierende Arten ausgewählt. Das Projektgebiet wurde so gewählt, das es einen für den Auftraggeber repräsentativen Bereich darstellt, an dem er hinsichtlich der naturschutzfachlichen Hintergründe der Arbeit ein planerisches Interesse hat. Außerdem sollte eine kleinräumige Zersplitterung der Biotope in möglichst viele anthropogene und natürliche geprägte Habitate gewährleistet sein, um die Funktionalitäten voll testen zu können. Daher wurde ein Bereich in der unteren Senne westlich der Truppenübungsplätze gewählt, in dem Wälder, Agrarflächen, Grünland und Siedlungen sich abwechseln (vergl. Anhang 7.1:Projektgebiet).

Die Auswahl der Arten, mit denen eine Analyse durchgeführt werden sollte, gestaltete sich als schwieriger. Die meisten Arten schieden aufgrund nicht genügend vorhandener raumbezogener Daten aus, andere waren für die Bearbeitung aus fachlichen Gründen zu schwierig zu klassifizieren. So schied zum Beispiel die Mauereidechse (*Podarcis muralis*) aus, die gerade neu in den Senneraum eingewandert ist bzw. illegal angesiedelt wurde. Eine Bearbeitung wäre hier von höchstem fachlichem Interesse, allerdings kann von einer dauerhaften Besiedlung nicht ausgegangen werden, da sich im Senneraum nur der Bahnhof Schloss Holte - Stukenbrock als Habitat aufgrund vorhandener Felsstrukturen (Bahndämme) eignet. Die Entscheidung fiel schließlich darauf, die Analysen auf die Feldgrille (*Gryllus campestris*) (Abbildung 2) zu beschränken und dafür inhaltlich auszuweiten, da hier ausreichende Datenmenge und Kenntnisse, sowie planerisches Interesse seitens des Auftraggebers zusammenkamen. Die Feldgrille hat in den letzten Jahren, ausgehend von großen Populationen auf den Truppenübungsplätzen Stapel und Senne, weitere Bereiche in der Senne besiedelt, die in einer Kartierung erfasst wurde (Jülch 2006). Diese sind aber noch nicht zwangsläufig etabliert, so dass eine Untersuchung der Wandermöglichkeiten für die Tiere zum genetischen Austausch zwischen den Teilpopulationen und zu weiteren geeigneten Besiedlungsflächen von Interesse war.



Abbildung 2: Männchen der Feldgrille (*Gryllus campestris*)

## 4.2 Erstellung des Datenmodells

Da die bestehenden Biotopdaten nur als Flächen vorlagen, musste zunächst ein Liniennetzwerk geschaffen werden, welches die Flächen sinnvoll verbindet und die Wanderwege aufzeigt. Außerdem musste das entstehende Netzwerk anhand bestimmter, artspezifischer Kriterien analysiert werden können.

### 4.2.1 Konzeption

Das Datenmodell sollte in der Grundkonzeption so variabel wie möglich gehalten werden, um für möglichst viele verschiedenen Arten eine Analyse auf Basis der vorhandenen Daten zu ermöglichen. Es musste zunächst als Linienobjektklasse erstellt werden, da der NetworkAnalyst nur aus einer oder mehreren Linienobjektklassen ein Netzwerk erstellen kann.

Diese Linienobjektklasse sollte bei der Netzwerkerstellung folgende Anforderungen erfüllen:

- Aufteilung in unterschiedliche Biotope möglich
- Festlegung artspezifischer Verbindungsregeln für das Netzwerk möglich
- Festlegung verschiedener art- und biotopspezifischer Attributwerte für die Wanderwahrscheinlichkeit und Wandergeschwindigkeit möglich

Daher entschied sich der Bearbeitende dafür, die Daten in einer Linienobjektklasse „Biotoplinien“ mit Subtypes, die nach den vorhandenen Biotopen festgelegt sind, zu erfassen. Durch die Vergabe von Subtypes konnten abhängige Attributwerte automatisch vergeben werden. Damit war es möglich, bei der Digitalisierung Fehler bei der Attributvergabe zu vermeiden, da ein Objekt direkt in einen Subtype digitalisiert werden konnte. Außerdem entfiel das unkomfortable Zuweisen von Attributwerten über die Eingabefelder während des Digitalisierens in ArcMap. Die Festlegung der Subtypes erfolgte im ArcCatalog über den Reiter „Subtypes“ in den Objektklasseneigenschaften (Abb. 3). Insgesamt wurden 17 Subtypes vergeben, die vollständige Auflistung findet sich im Anhang unter Punkt 7.4.



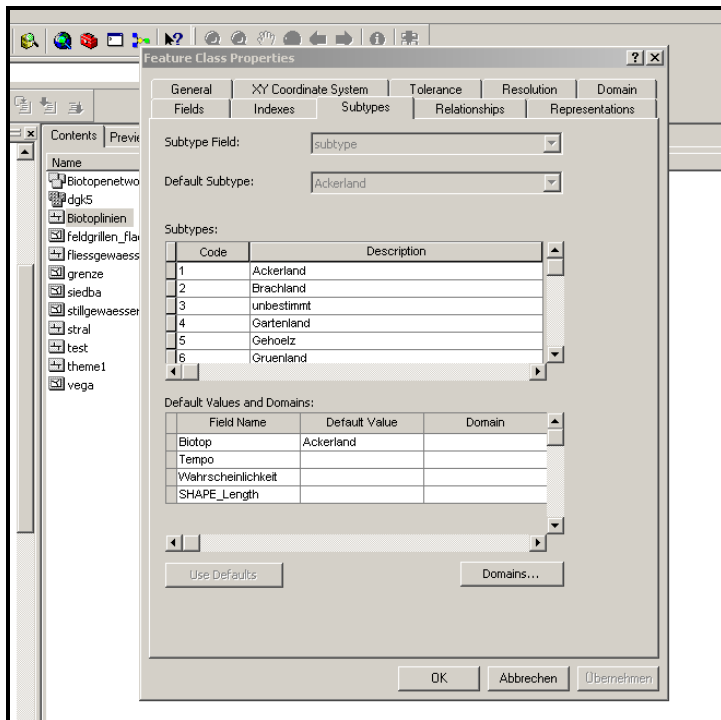


Abbildung 3: Vergabe von Subtypes und abhängigen Attributwerten in ArcCatalog

Zusätzlich wurden zunächst leere Attributfelder für die Wandergeschwindigkeit und Wanderwahrscheinlichkeit angelegt, die hinterher mit artspezifischen Werten für jede Analyse einzeln befüllt werden konnten. Die Vergabe der Wahrscheinlichkeit beruht hier auf der Annahme, dass nicht jedes Biotop, welches zur Durchwanderung geeignet ist, gleich gute Voraussetzungen dafür bietet.

Ausgehend von dem so entstandenen Basisdatensatz konnten nun artspezifische Netzwerke zur Analyse angelegt werden. Hierfür wurden die Objekte nach Subtypes als einzelne Objektklassen über einen Datenexport in ein Feature-Dataset überführt. Dann konnten die leer gelassenen Attributfelder (s. oben) art- und biotopspezifisch gefüllt werden. Näheres dazu, sowie zur Anlage der Netzwerke, in Kapitel 4.3 Analysen.

#### 4.2.2 Digitalisierung

Die Digitalisierung der einzelnen Linienobjekte erfolgte in ArcMap. Hierzu mussten die aus der Biologischen Station gekommenen Basisdaten zunächst von Shape-Dateien in Feature-Classes überführt werden. Dies ist zwar für eine Darstellung in ArcMap nicht nötig, ermöglicht aber umfassendere Bearbeitungsmöglichkeiten. Die beteiligten Shape-Dateien enthielten die Biotopflächen, Senneteilräume, Fließ- und Stillgewässer sowie Besiedlungsflächen von Tierarten. Außerdem wurden DGK5-Karten<sup>4</sup> aus einem in ArcCatalog erstellten Rasterkatalog hinzugeladen.

Um die Biotoplinien hinterher optimal für die Netzwerkverfolgung einsetzen zu können, war eine sehr genaue Bearbeitung nötig.

Zunächst mussten die Fangfunktionen optimal eingestellt werden. Um in der Ergebnisdarstellung eine exakte Widergabe der an einer Route beteiligten Flächen zu ermöglichen, war es nötig genau auf die Grenzen der zugrunde liegenden Biotoppolygone zu fangen. Außerdem erstellt der NetworkAnalyst nur eine

<sup>4</sup> Deutsche Grundkarte 1:5000

Verbindung zwischen zwei Objekten, wenn Stütz- oder Endpunkte geometrisch aufeinander liegen. Daher musste es möglich sein, genau auf vorhandene Stützpunkte zu fangen, bzw. nachträglich solche einzufügen. Der Bearbeitende entschied sich auf Basis dieser Überlegungen sowohl auf die Polygongrenzen, als auch auf die Biotoplinienenden, Stützpunkte und Kanten zu fangen. (Abb. 4) Andere in dem Datenrahmen befindliche Layer blieben unberücksichtigt. Außerdem sollten zur einfacheren und fehlerfreieren Bearbeitung die Fang-Tipps angezeigt werden.

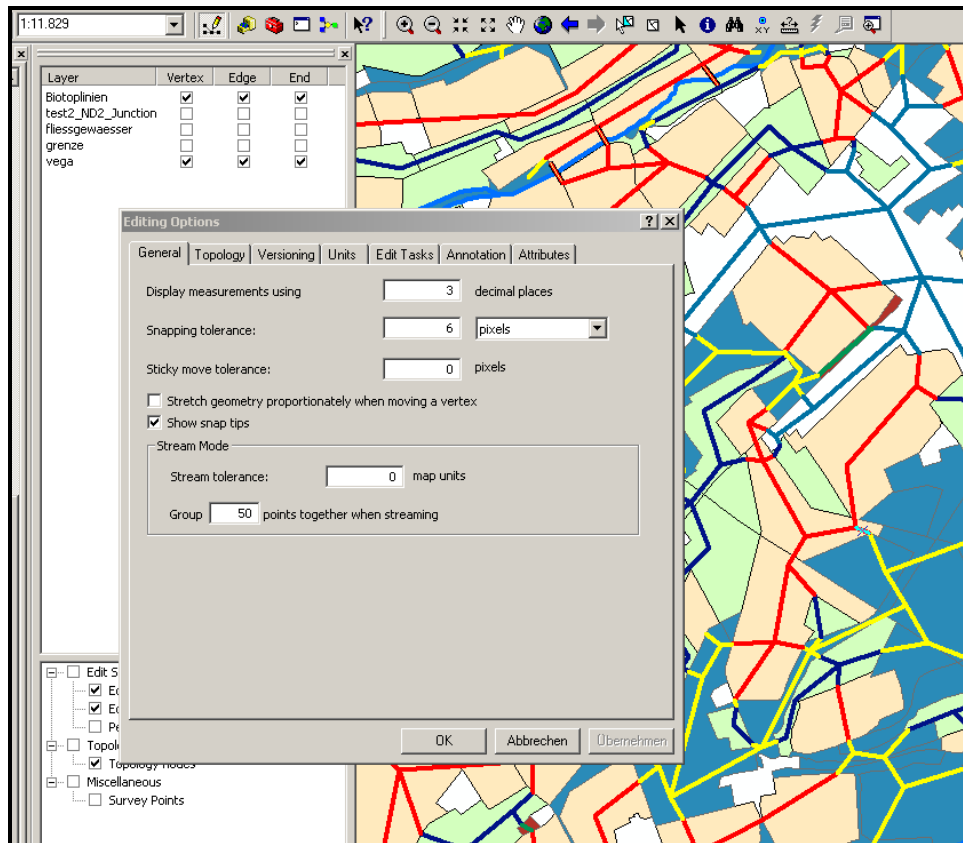


Abbildung 4: Einstellung der Fangfunktionen

Da in den Netzwerkanalysen die Länge eine entscheidende Rolle spielt, sollte diese nah an der Wirklichkeit sein. Eine exakte Wiedergabe der zurückgelegten Strecke in einem zu durchwandernden Biotop war dabei nicht möglich. Dieses war aber auch für dieses Projekt unnötig, da wandernde Tiere niemals geraden Linien folgen. Allerdings musste eine Vergleichbarkeit der Längenwerte gewährleistet sein. Außerdem musste auf die vollständige Vernetzung jeder noch so kleinen Teilfläche geachtet werden. Daher wurden für die Digitalisierung Regeln zur Vorgehensweise festgelegt, die eine einfache und gleichmäßige Datenerfassung zum Ziel hatten:

1. Digitalisierung einer Hauptachse durch jede Fläche
2. Anbindung der angrenzenden Flächen an diese
3. Zusatzlinien wurden nur dann angelegt wenn dadurch sehr lange Wege vermieden werden konnten, die eine Verzerrung der Analyse bewirkt hätten

Nach diesen Regeln wurden alle im Bearbeitungsgebiet befindlichen Biotopflächen vernetzt. Abbildung 5 verschafft einen guten Überblick über die Umsetzung dieser

Vorgaben. Die Darstellung ist bewusst so bunt gewählt, da die starken Kontraste eine gute Fehlerkontrolle und, bei kleinen Maßstäben, Übersichtlichkeit ermöglichen.

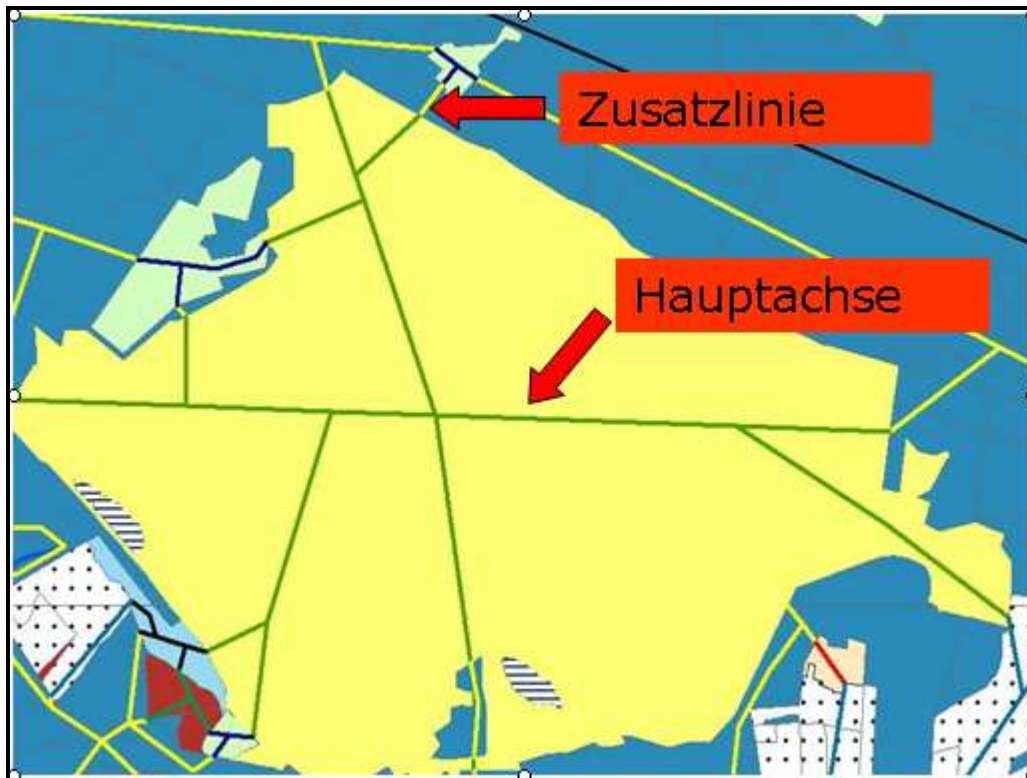


Abbildung 5: Vorgehensweise bei der Digitalisierung

Die DGK5- Rasterkarten wurden für eine Evaluierung der Siedlungsflächen herangezogen, denn nur die Vorstädte mit Wohnbebauung und Gärten sind für die meisten kleineren Organismen zu durchqueren. Außerdem dienten sie zur Auffindung von Brücken über Fließgewässer und die A33, welche sonst als natürliche Barriere berücksichtigt wurden.

Die Digitalisierung ergab eine Objektklasse „Biotoplinien“ mit insgesamt 6275 Einzelobjekten. Eine graphische Darstellung entfällt an dieser Stelle, da Abbildung 5 bereits einen Ausschnitt bietet und eine solche Anzahl von Objekten im DIN A4-Format nicht differenziert dargestellt werden kann.

#### 4.2.3 Nachträgliches Aufteilen eines Subtypes in der Objektklasse

Nach Beendigung der Digitalisierung sollte aus fachlichen Gründen der Subtype „Grünland“ in feuchtes und trockenes Grünland aufgeteilt werden. Da dieser Vorgang recht umfangreich war, sollen hier die wichtigsten Schritte kurz erläutert werden.

Zunächst wurde der Subtype Grünland in eine einzelne Feature-Class überführt. Feuchtes Grünland findet sich innerhalb des Bearbeitungsbereiches in den Bachtälern und in dem gesamten Landschaftsbereich Feuchtsenne (nach Serraphim, 1978).

Um die Feuchtgrünlandlinien sauber auszuschneiden, wurden zwei Clip-Befehle mit Hilfe des entsprechenden Werkzeuges aus der ArcToolbox durchgeführt, zum einen mit dem Objekt Feuchtsenne aus der Objektklasse „Senneteilräume“, zum anderen mit einem um jedes Fließgewässer gebildeten Puffer von 200m Breite (Abb. 6). Die zwei erhaltenen Objektklassen wurden über den „Daten laden“ - Befehl in ArcCatalog

zusammengeführt, in dem die Objekte des einen zu dem anderen hinzugeladen wurden (Abb. 7).

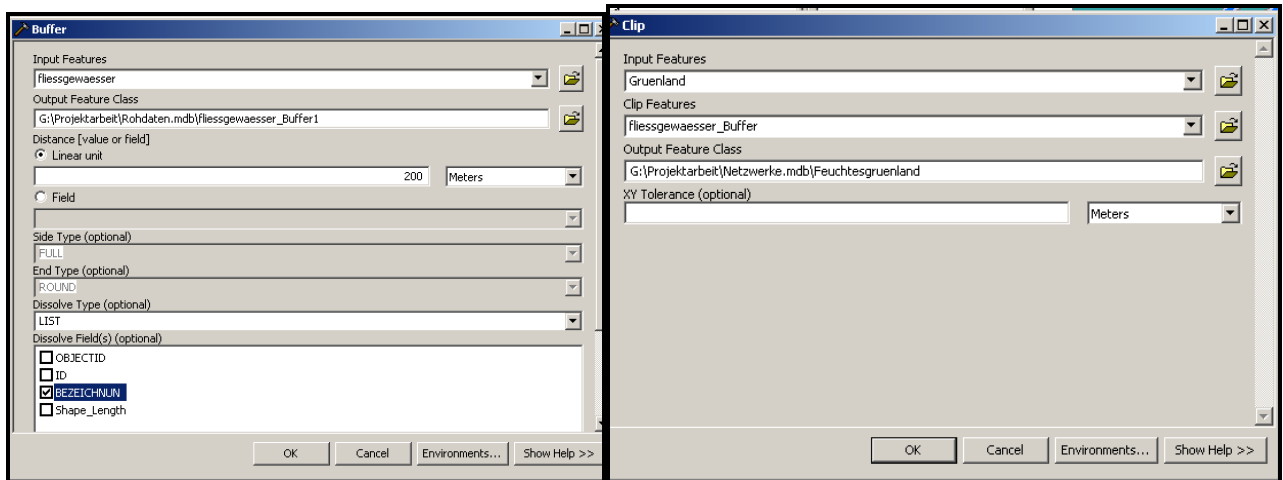


Abbildung 6: Menüs zur Erstellung von Puffern und Durchführung von „Clip“-Befehlen mit der Arctoolbox

Somit war es einfach, das feuchte Grünland auszuschneiden. Schwieriger war es mit dem trockenen Grünland, da der inverse „Clip“-Befehl, das „Erase“, in der Grundversion ArcMap nicht zu Verfügung steht.

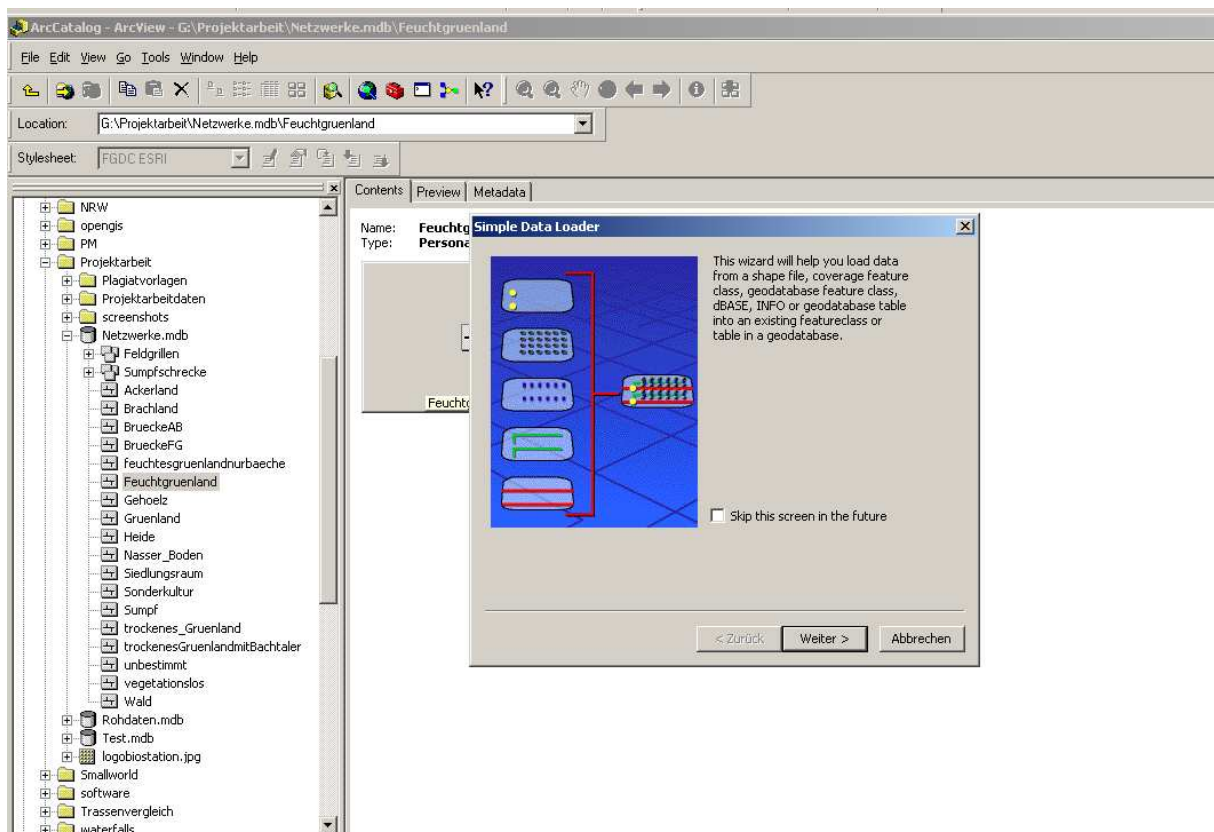


Abbildung 7: Assistent zum Hinzufügen einer Objektklasse an eine andere in ArcCatalog

Hierfür musste ein neues Polygon zur Durchführung eines „Clip“ – Befehls erstellt werden. Zunächst wurde eine neue Polygonobjektklasse angelegt, in die ein einzelnes, den gesamten Bearbeitungsbereich abdeckendes Polygon digitalisiert wurde. Danach wurde die Objektklasse über den Befehl „Union“ mit den Puffern um

die Fließgewässer und der Feuchtsenne vereinigt (Abb. 8). Dieser Befehl lieferte eine Objektklasse, in der alle Teilflächen der Ursprungsobjekte miteinander verschnitten als Einzelobjekte enthalten waren, unter anderem genau die Fläche, die zum genauen Ausschneiden der Trockenen Grünlandbereiche dienen konnte. Diese wurde von Hand selektiert, die Selektion umgekehrt und alle anderen Objekte gelöscht. Nun konnte der erneute „Clip“-Befehl erfolgen (Abb. 6).

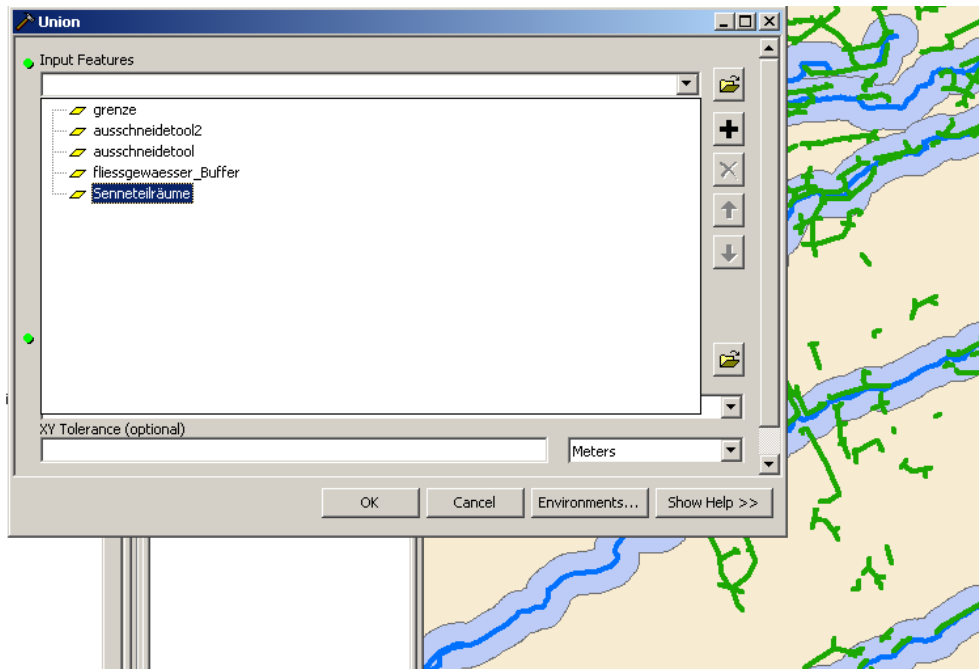


Abbildung 8: Menü zur Durchführung von „Union“-Befehlen mit der Arctoolbox

Die beiden getrennten Grünlandobjektklassen konnten nun über den „Daten laden“ – Befehl in ArcCatalog in die Objektklasse Biotoplinien geladen werden, nachdem die ursprünglichen Objekte des Subtypes Grünland gelöscht wurden. Leider konnte keine neue Zuweisung von Subtypes erfolgen, da dieses für bestehende Objekte nachträglich nicht mehr möglich ist.

## 4.3 Analysen

Das Datenmodell (vgl. 4.2) konnte nun zur Erstellung artspezifischer Netzwerke herangezogen werden. In diesem Projekt erfolgte die Netzwerkerstellung und anschließende Analysen exemplarisch für eine Art, die Feldgrille (*Gryllus campestris*).

### 4.3.1 Vergabe von artspezifischen Attributwerten

Zunächst wurden die Objekte der Biotoplinien nach Subtypes einzeln in ein Feature-Dataset exportiert (Abb. 9). Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass zum einen die Attributvergabe ohne vorherige Auswahl eines bestimmten Subtypes möglich ist und so Fehlerquellen vermieden werden, außerdem arbeitet der NetworkAnalyst standardmäßig mit Feature-Datasets. Einzelne Biotope, die von einer bestimmten Art nicht durchwandert werden können, waren entweder nicht zu exportieren oder konnten bei der Netzwerkerstellung ausgeschlossen werden. In die so erhaltenen,



einzelnen Feature Classes konnten nun artspezifische Werte für die Wanderwahrscheinlichkeit und Geschwindigkeit in den einzelnen Biotopen über die Feldwertberechnung in ArcMap vergeben werden (Abb. 10) Diese Werte wurden nach einem vom Auftraggeber und Bearbeitenden erstellten Schlüssel bestimmt, wobei die Geschwindigkeit mit 100 m/Tag für die Feldgrille konstant ist. Die Wahrscheinlichkeitswerte der beteiligten Biotope finden sich im Anhang unter Punkt 7.4.

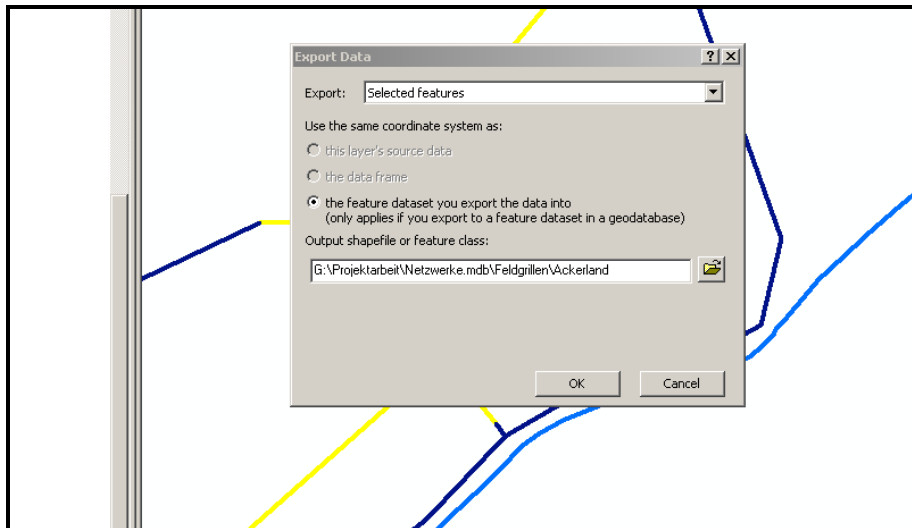


Abbildung 9: Exportieren von Daten in ArcMap

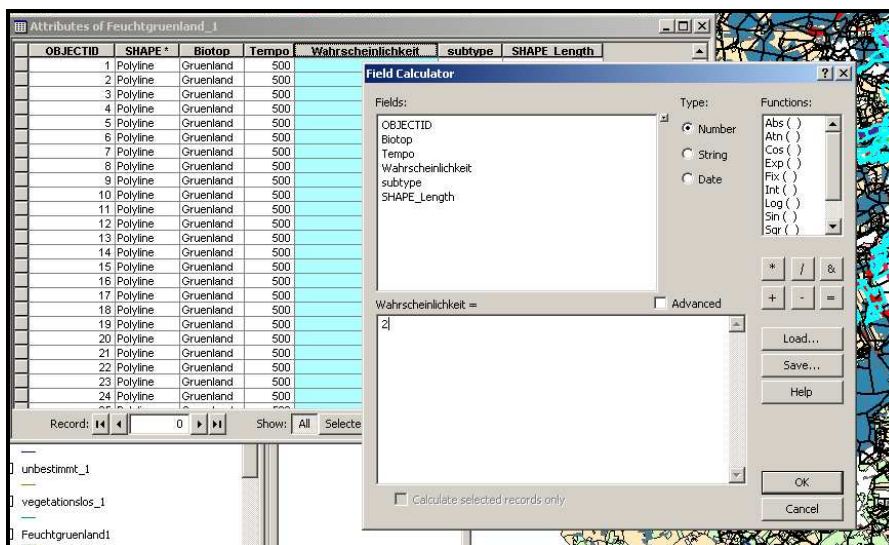


Abbildung 10: Feldwertberechnung in ArcMap

### 4.3.2 Anlage des Netzwerkes

Die Anlage von Netzwerken mit dem NetworkAnalyst erfolgt standardmäßig in ArcCatalog. Über einen Klick mit der rechten Maustaste auf das betreffende Feature-Dataset kann der Assistent zur Erstellung des Netzwerkes ausgewählt und gestartet werden (Abb. 11).

Zunächst müssen die beteiligten Linienobjektklassen aus dem Feature-Dataset ausgewählt werden. In diesem Fall wurden die Objektklassen Sumpf, Nasser Boden

und Moor ausgeschlossen, da die zu analysierende Feldgrille diese Habitate nicht nutzt (Abb. 12).

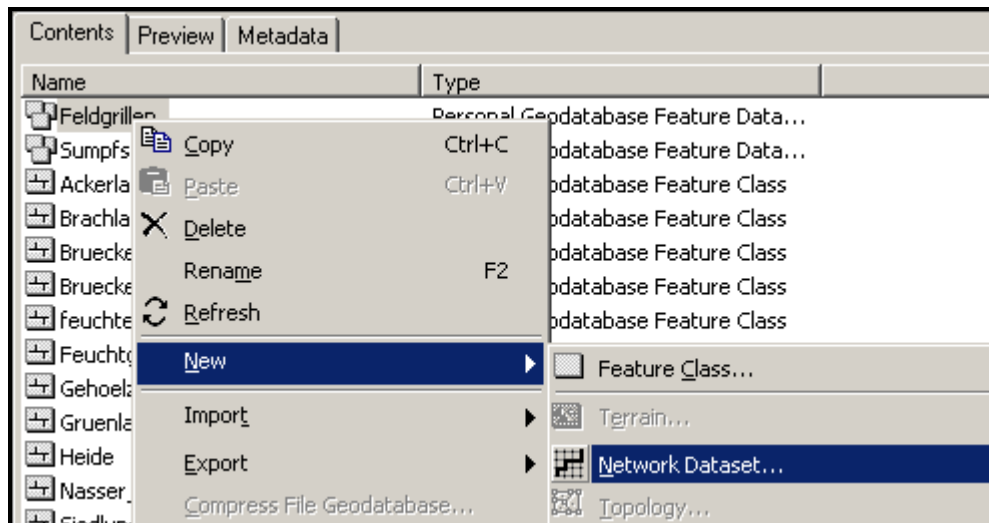


Abbildung 11: Starten des Assistenten zur Anlage eines neuen Netzwerkes

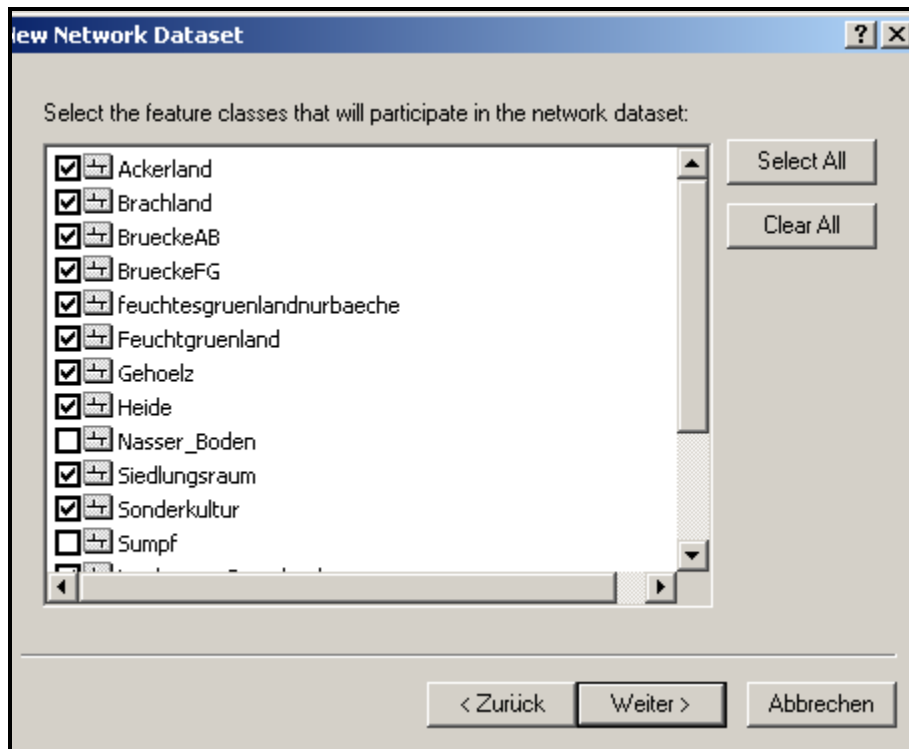


Abbildung 12: Auswahl der am Netzwerk beteiligten Feature Classes

Danach konnten die Verbindungsregeln festgelegt werden, im vorliegenden Beispiel erfolgte die Anbindung jeder beteiligten Objektklasse an jedem Stützpunkt (vergl. Punkt 4.2.2).

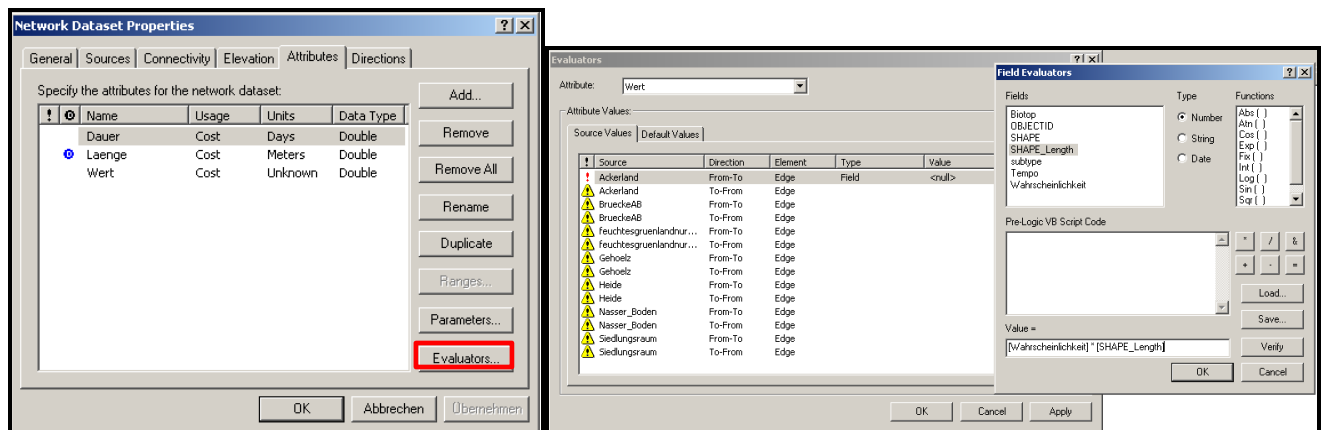


Abbildung 13: Vergabe und Berechnung von Netzwerkattributen

Wichtig für dieses Projekt war die Vergabe von Netzwerkattributen, die aus den Sachwertattributen der einzelnen Objekte oder komplett neu berechnet werden konnten. Es war möglich, Formeln, Konstanten und VBA+ - Skripte zu hinterlegen, Zunächst musste eine Benennung des Attributes, die Festlegung des Datentyps und der Einheit erfolgen. Über den Button „Evaluators“ konnten dann die Berechnungen festgelegt werden (Abb. 13).

In diesem Fall wurden die drei Netzwerkattribute, die Dauer, Länge und der Wahrscheinlichkeitswert, die sich wie folgt berechneten, angelegt.

- $\text{Dauer} = \text{Länge} / \text{Wandergeschwindigkeit}$
- Länge ergab sich automatisch aus der Länge des zugrunde liegenden Linienobjektes
- $\text{Wahrscheinlichkeitswert} = \text{Wahrscheinlichkeit} * \text{Länge}$

Die Wahrscheinlichkeit, die den einzelnen Biotopen hinterlegt wurde, ist eine inverse Angabe von Prozentwerten, d. h., Biotope mit einer Durchwanderwahrscheinlichkeit von 100% bekamen den Wert eins, die mit einer Wahrscheinlichkeit von 25% den Wert 4 (vergl. Anhang Punkt 7.4). Diese Werte wurden dann mit der Länge zur Berechnung des Wahrscheinlichkeitswertes multipliziert, was diesen Wert bei geringer Wahrscheinlichkeit mit zunehmender Länge besonders stark ansteigen lässt. Somit war gewährleistet, dass hinterher nach einem sinnvollen Wert die beste Route bestimmt werden konnte. Nach Vergabe der Attribute wurde das Netzwerk aufgebaut. Das erstellte Netzwerk war nach dem Knoten-Kanten-Prinzip strukturiert, wobei an jegliche Verbindung zwischen den Ausgangsobjekten ein Knoten entstand und die dazwischen liegenden Abschnitte in einzelne Kanten geteilt wurden. Die Attributwerte wurden dabei anhand der Länge der Kanten aufgesplittet. Das erstellte Netzwerk wurde in ArcCatalog in der Vorschau betrachtet und über das Identifizierungswerkzeug zur Überprüfung der eigenen Eingaben die richtige Verwendung der Netzwerkattribute kontrolliert (Abb. 14).

Die Netzwerkerstellung beinhaltete noch mehr Funktionalitäten als die hier aufgeführten wie zum Beispiel die Einstellung von Einbahnstraßen oder Abbiegevorgängen (hier ist wieder der Bezug zum Straßenverkehr ersichtlich). Da diese aber nicht genutzt wurden, entfällt eine genaue Beschreibung an dieser Stelle.



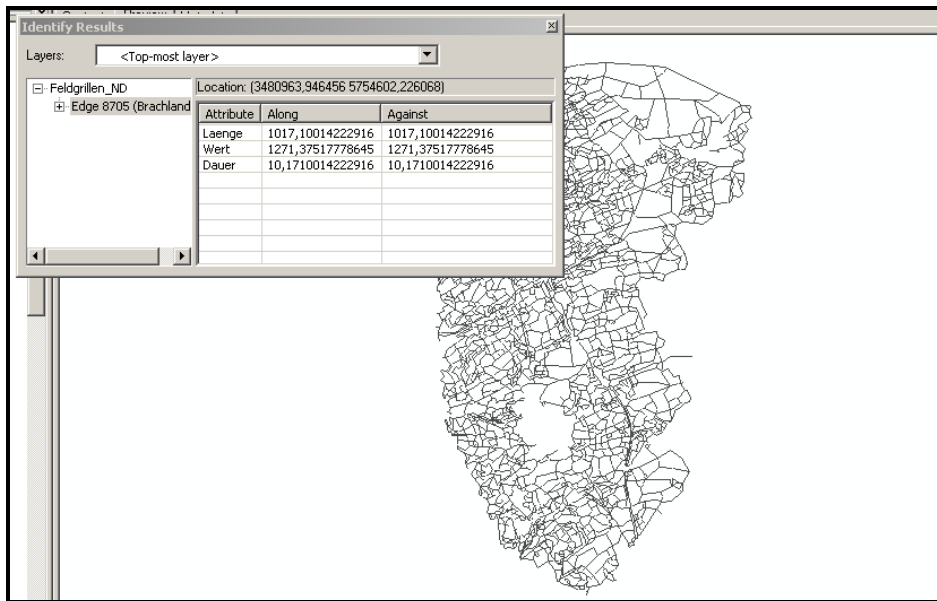


Abbildung 14: Netzwerk in der Vorschau in ArcCatalog mit Identifizierung eines einzelnen Netzwerkobjektes

Die Knotenpunkte wurden zur Fehlerkontrolle in ArcMap geladen. Durch Überlagerung der Biotoplinienobjektklasse mit diesen Punkten waren die Stellen, an denen die Linien nicht sauber aneinander schlossen, schnell zu finden.

### 4.3.3 Durchführung der Analysen

Mit dem erstellten Netzwerk wurden nun verschiedene Analysen durchgeführt, die das potentielle Wanderverhalten der Feldgrille im Untersuchungsgebiet charakterisieren sollten. Hierbei wurde analysiert, zwischen welchen Teilpopulationen ein Austausch stattfinden kann und welche geeigneten Flächen neu besiedelt werden können. Außerdem wurden manuelle Ausbreitungswellen und potentielle Ausbreitungsgebiete bestimmt.

Dabei wurde von folgenden Annahmen ausgegangen, die sich auf Literaturdaten stützen (Jülch, 2006):

Die Feldgrille zeigt vor allem als Nymphe (Jungtier) die meiste Wanderlust. Diese schlüpfen im Juli, so dass von einer jährlichen Wanderdauer von 60 Tagen ausgegangen wurde. Danach beginnt die Winterstarre. Außerdem können Feldgrillen als gute Läufer in diesen 60 Tagen ca. 100 Meter pro Tag zurücklegen, der schon beschriebene Wert für die Wandergeschwindigkeit.

### Analyse der besten Wanderrouten

In dieser Analyse wurden die besten Routen zwischen bestehenden Vorkommen ermittelt, um festzustellen, wo und entlang welcher Biotope ein genetischer Austausch stattfinden kann. In einem zweiten Schritt wurden die besten Routen bestimmt, um neue Gebiete zu besiedeln.

Hierzu wurde im NetworkAnalyst in ArcMap die Funktion „New Route“ genutzt und zwischen allen Teilpopulationen, bzw. allen Teilpopulationen und ausgewählten Flächen für eine Neubesiedlung Routen berechnet.

Hierzu wurden die Start- und Zielpunkte (Stops) an entsprechender Stelle gesetzt (es ist auch möglich, beliebig viele Stops zu setzen) und im NetWorkAnalyst-Fenster

was sich zwischen Karte und Legende öffnet, über den Button Analyseigenschaften die Einstellungen vorgenommen (Abb. 15).

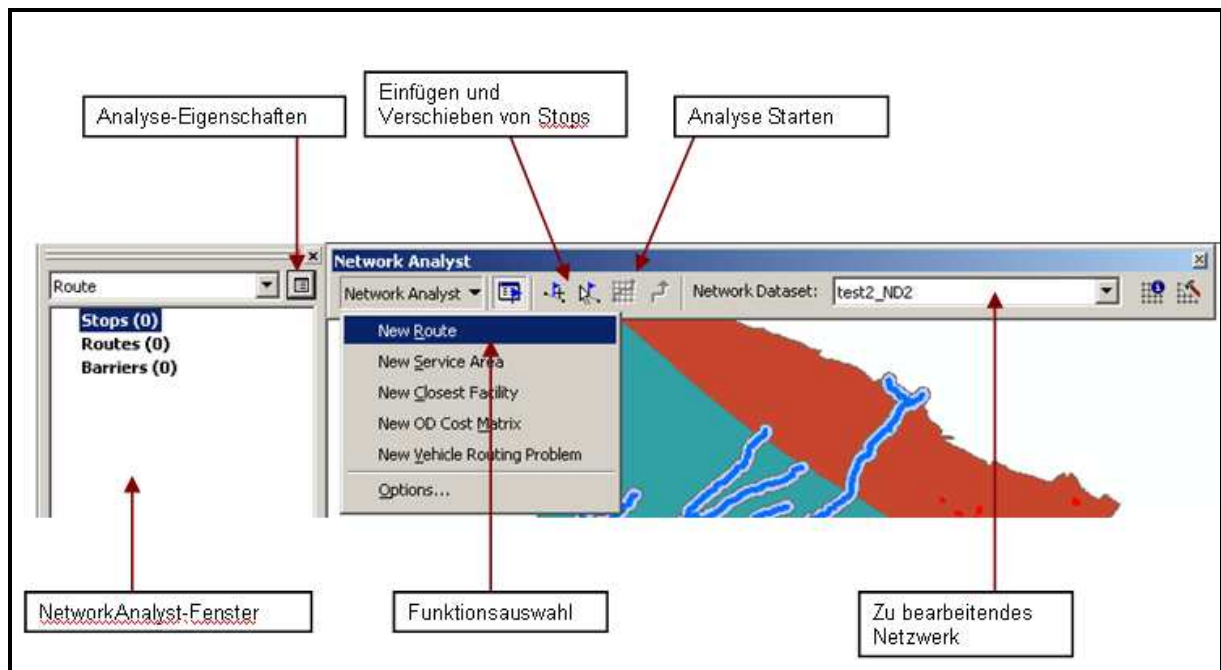


Abbildung 15: NetworkAnalyst-Fenster und Menüleiste mit Benennung der wichtigsten Funktionen

In den Analyseigenschaften wurde im Reiter „Analysis Settings“ der Wert eingestellt, nach dem analysiert werden sollte, in diesem Fall nach dem Wahrscheinlichkeitswert, das heißt die Route wird bestimmt, die das Tier am wahrscheinlichsten nimmt, um vom Start– zum Zielpunkt zu kommen (vergl. 4.3.2). Im Reiter „Accumulation“ konnte bestimmt werden, welche Netzwerkattribute über die ausgewählte Route summiert werden sollten, in diesem Falle wurden alle drei (Länge, Wahrscheinlichkeitswert und Dauer) aufsummiert, um hinterher die analysierten Routen über diese Attribute zu filtern (Abb. 16).

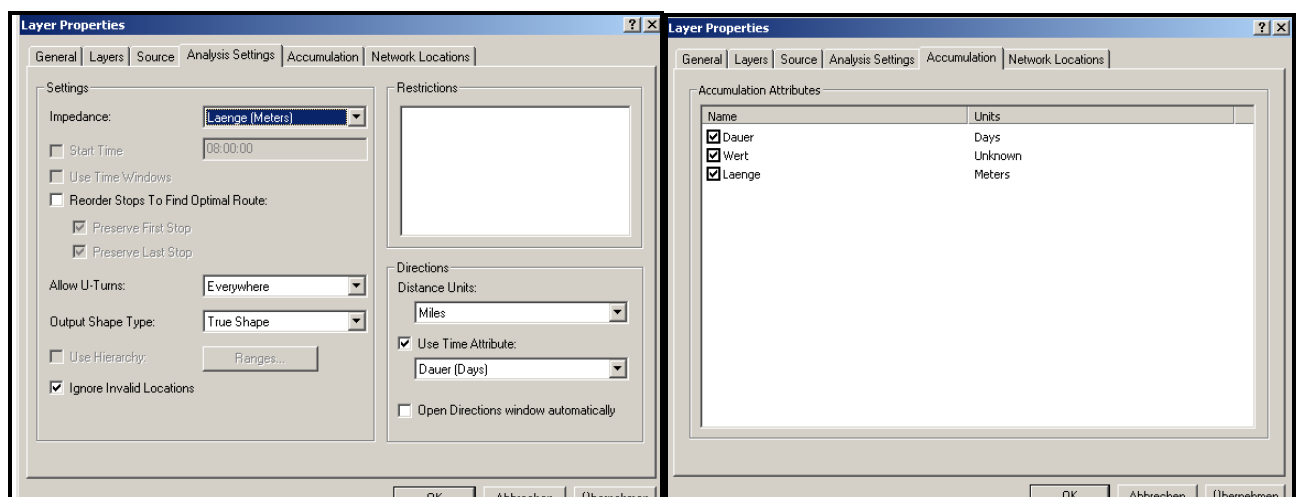


Abbildung 16: Einstellung von Analysewert (Impedance) und akkumulierten Netzwerkattributen

Nach Berechnung der Routen wurden diese anhand der schon beschriebenen „Daten-Exportieren“ und „Daten-Laden“-Befehle in jeweils eine Linienobjektklasse

überführt. Dies diente dazu, die weitere Filterung und Berechnung in der Masse und nicht einzeln durchführen zu können.

Zunächst wurde eine durchschnittliche Wahrscheinlichkeit über die Feldwert-Berechnung (Abb. 10) aus dem Quotienten des Wahrscheinlichkeitswertes und der Länge bestimmt. Dann wurden die Routen über eine SQL-Attributabfrage herausgefiltert, deren durchschnittliche Wahrscheinlichkeit  $\geq 25\%$  und deren Dauer  $\leq 60$  Tage waren (Abb. 17). So erhielt man die Routen, die zum einen noch wahrscheinlich genug und zum anderen in einem Jahr von den Tieren zu bewältigen waren.

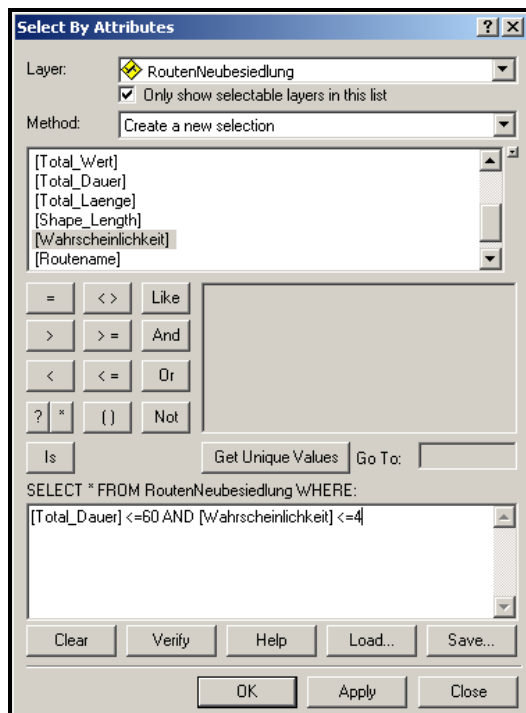


Abbildung 17: Attributabfrage zur Filterung der Routen

Die erhaltenen Routen wurden, nach Ihrer durchschnittlichen Wahrscheinlichkeit farblich gestaffelt, zusammen mit den Teilpopulationen, bzw. neu zu besiedelnden Flächen im GIS dargestellt (Anhang Punkte 7.5 und 7.6). Eine Hinterlegung mit den Biotopflächen und anderen Layers erfolgte aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht. Es fiel auf, dass zwischen einigen Teilpopulationen, obwohl sie räumlich nahe zusammen lagen, nach dieser Analyse kein Austausch stattfinden kann, bzw. einige Teilpopulationen nicht in der Lage waren, neue Flächen zu besiedeln. Ausgehend von diesem Ergebnis kann der Planer am Desktop nun die Flächen hinterlegen, Problembereiche bestimmen und gegebenenfalls eine Ortsbegehung machen. So können Maßnahmen festgelegt werden, die Routen wahrscheinlicher zu machen bzw. einen neuen Biotopverbund zu eröffnen.

## Bestimmung von Ausbreitungswellen

Bei der Bearbeitung wurde die sogenannte „Closest Facility“- Funktion verwendet (Abb. 15). Hiermit kann man, ausgehend von Startpunkten Routen zu Zielpunkten berechnen lassen, die einen bestimmten Analysewert nicht überschreiten dürfen. Als Startpunkte dienten 5 Verbreitungszentren der Feldgrille im Bearbeitungsgebiet. Als

Zielpunkte dienen zum einen die Centroide von bereits besiedelten Flächen, zum anderen die Centroide jeder geeigneten Fläche, die neu zu besiedeln ist. So sollte zum einen analysiert werden, von wo aus und in welcher zeitlichen Abfolge die kleinen Teilpopulationen besiedelt wurden, und analog wie eine Neubesiedlung geeigneter Flächen ablaufen könnte.

Die Bestimmung der Centroide erfolgte in ArcMap. Zunächst wurden alle geeigneten Flächen (Heide und trockenes Grünland) herausgefiltert über verschiedene Attributabfragen, auf die hier nicht näher eingegangen wird. Dann wurden zwei Attributfelder an die jeweiligen Tabellen angefügt und über den „Calculate Geometry“- Befehl die Hoch- und Rechtswerte der Centroide jedes Polygons eingefügt (Abb. 18). Die Tabelle wurde dann exportiert (in ein dbf-Format) und über die Funktion „XY-Daten einfügen“ die Centroide als Punktlayer in die Karte geladen (Abb. 18).

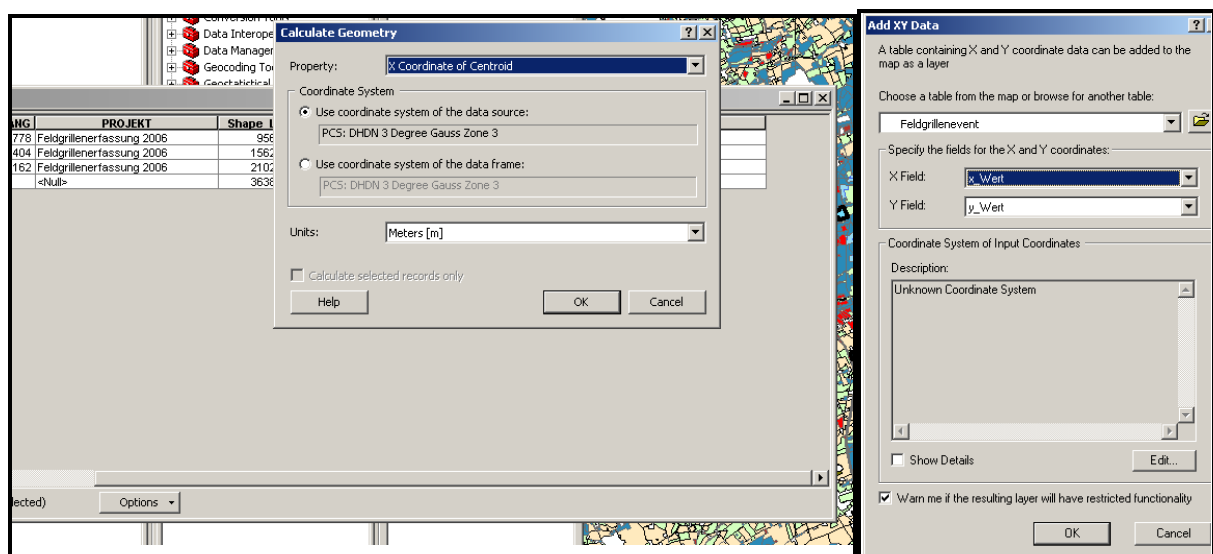


Abbildung 18: Menü zur Berechnung von Geometrien und zum Einfügen von xy-Daten in ArcMap

Die Analyse arbeitet mit zwei Punktoobjektlayern (incidents und facilities), die variabel als Start- und Zielpunkte gesetzt werden können. Das Einladen erfolgt über das NetworkAnalyst-Fenster mit rechtem Mausklick auf den Layer und dem Befehl „Load Data“. In dem erscheinenden Menü können jetzt die zu ladende Punktoobjektklasse und der Suchradius festgelegt werden, d. h. die Punkte müssen sich nicht genau auf dem Netzwerk befinden (Abb. 19).

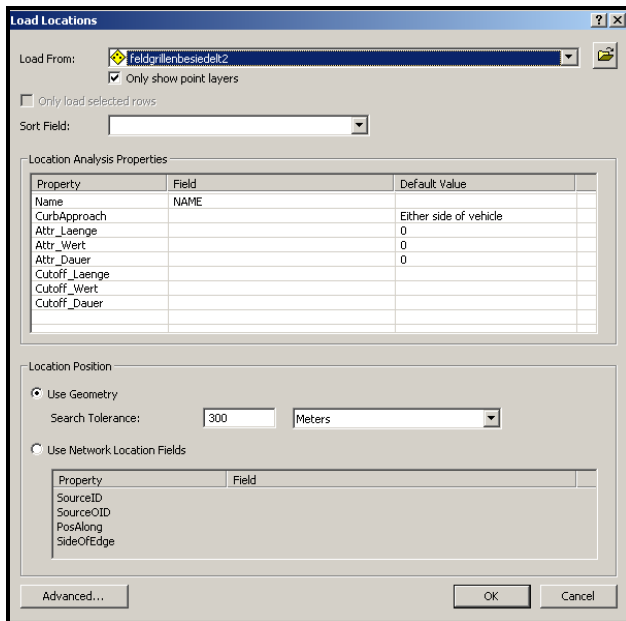


Abbildung 19: Menü zum Einfügen der Start- oder Zielpunkte

Anschließend wurden die Analyseeinstellungen vorgenommen. Der Wert nach dem die Routen berechnet werden sollten, war wieder der Wahrscheinlichkeitswert. Die Anwendung berechnete die Route mit dem niedrigsten Wahrscheinlichkeitswert. Zusätzlich muss noch ein Maximalwert eingegeben werden, der die Analyse begrenzt. Hier wurde der Wert auf 12.000 festgelegt (Abb. 20). Diese Zahl errechnet sich aus den 6.000 m als maximaler Wanderdistanz pro Jahr multipliziert mit zwei für die Wahrscheinlichkeit (analog 50%). Dieses ist zwar höher als die Minimale Wahrscheinlichkeit von 25%, lieferte aber nach mehrmaligem Testen das sinnvollste Ergebnis. Außerdem wurden die aufsummierten Netzwerkattribute berechnet (vergl. Abb. 16). Nach der Durchführung wurden die Routen wieder mit der Vorgabe Dauer  $\leq 60$  Tage und Minimale Wahrscheinlichkeit  $\leq 25\%$  gefiltert, um Routen mit extremen Werten auf beiden Seiten heraus zu löschen.

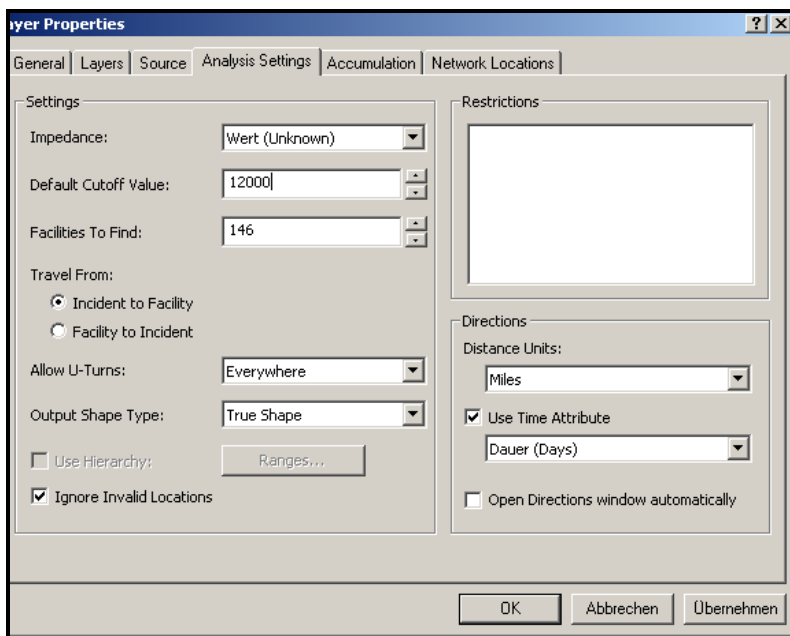


Abbildung 20: Einstellung des Analysewertes und der maximalen Grenze für die „closest facility“-Analyse

Dieses Verfahren lieferte einen Überblick über die Ausbreitungswellen in einem Jahr. Um nun die Ausbreitungswelle für ein folgendes, zweites Jahr zu bestimmen, wurde die vorherige Klasse der Zielpunkte über eine räumliche Abfrage und eine inverse räumliche Abfrage, in der die Lage zu den errechneten Routen berücksichtigt wurde, in erreichte und nicht erreichte Zielpunkte aufgeteilt (Abb. 21). Diese wurden in einzelne Feature Classes exportiert.

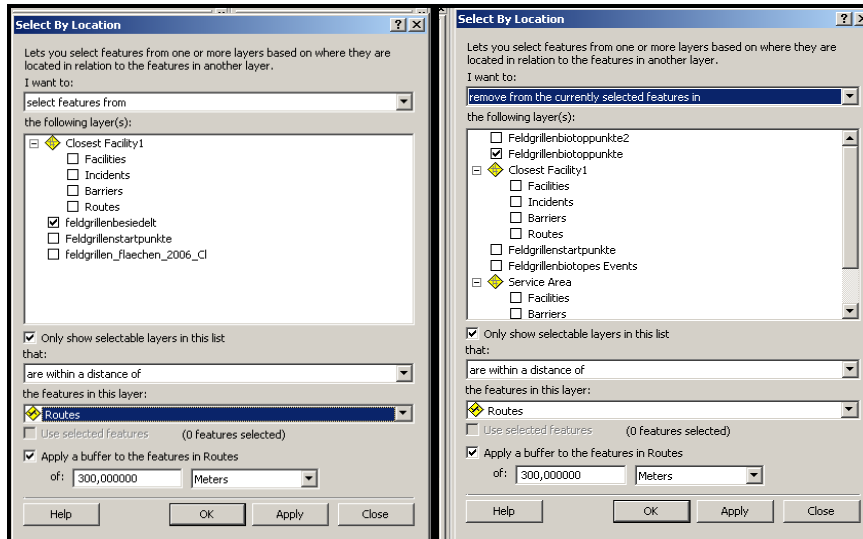


Abbildung 21: Beispiele für eine räumliche und eine inverse räumliche Abfrage

Die erreichten Punkte wurden, in einer weiteren Durchführung oben beschriebener Analyse, als neue Startpunkte gesetzt, die nicht erreichten als Zielpunkte. Die berechneten Routen wurden wieder gefiltert.

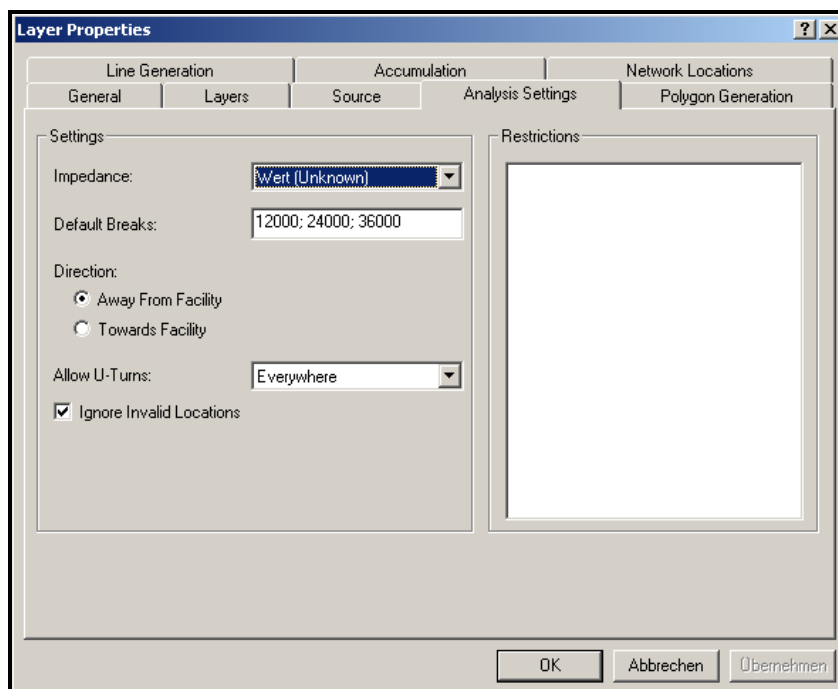


Abbildung 22: Einstellung der Analysewerte für die „Service-Area“-Berechnung

Die graphische Darstellung der Analyseergebnisse findet sich im Anhang unter den Punkten 7.7 und 7.8. Von einem Startpunkt aus konnten gar keine Flächen erreicht

werden. Diese Population liegt allerdings isoliert umgeben von Wald und Siedlungsbereichen. Nach der zweiten Durchführung der Analyse konnte festgestellt werden, dass die Feldgrillen potentiell ausgehend von den großen Populationen in einem Zeitraum von zwei Jahren fast alle bereits besiedelten und geeigneten Lebensräume erreichen können. Dieses ist von besonderer Bedeutung, da nur die Startpopulationen groß genug sind, langfristig zu überleben und neue Flächen zu besiedeln. Alle anderen Vorkommen, die in einer Kartierung erfasst wurden, sind kleinere Populationen, die ohne Austausch, wie in 4.3.1 analysiert, langfristig nicht überleben würden. Weiterhin ist ersichtlich, von welcher Startpopulation aus die Flächen erreicht werden konnten. Es fällt auf, dass einige räumlich nahe zu den Ausgangspopulationen gelegene Flächen, die schon besiedelt sind, nicht erreicht wurden. Gleiches gilt für die isolierten Vorkommen im Südwesten des Verbreitungsgebietes. Dieses spricht für eine andersartige Besiedlung dieser Biotope, zum Beispiel durch Vieh, auf welchem die Grillen quasi „mit geritten“ sind. Der Planer kann nun entlang der berechneten Routen Verbesserungsmaßnahmen durchführen und gegebenenfalls in erneuten Analysen die Werte abwandeln, um Bereiche zu ermitteln, in denen kleinere Verbesserungsmaßnahmen, wie zum Beispiel die Anlage eines Grünlandstreifes als Ackerrand, eine wesentliche Verbesserung des Biotopverbundes erreichen.

## Bestimmung von Ausbreitungsbereichen

In einer dritten Analyse wurden nun annuelle Ausbreitungsbereiche für drei aufeinanderfolgende Jahre mit der „Service Area“-Funktion berechnet. Hierbei berechnet der NetworkAnalyst ausgehend von vorgegebenen Startpunkten anhand von eingegebenen Analysewerten die maximal erreichbaren Punkte des Netzwerkes und verbindet diese zu Polygonen. Dieses kann für mehrere Schritte hintereinander berechnet werden und führt zu der Erzeugung von mehreren Polygonen oder Polygonringen um die Startpunkte.

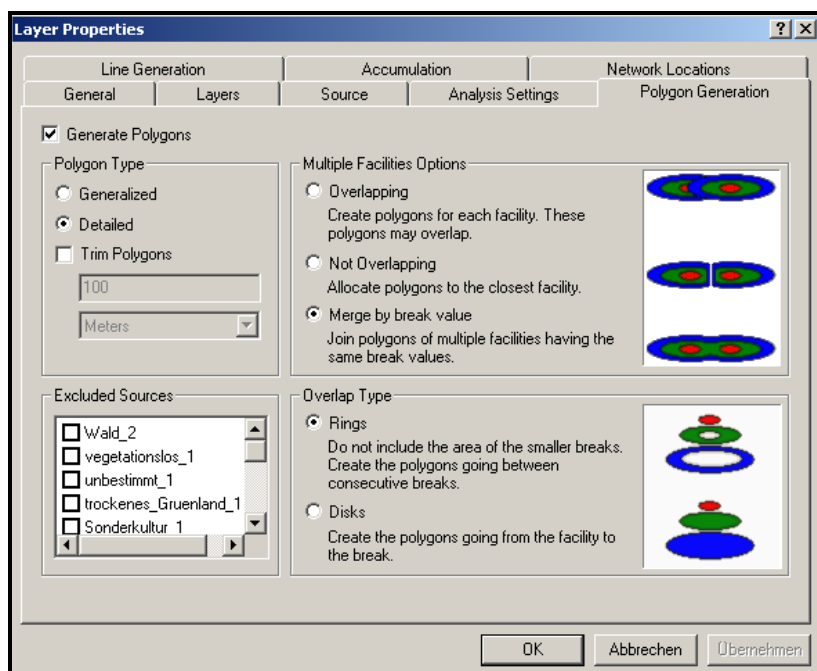


Abbildung 23: Einstellungen der Eigenschaften der mit der „Service Area“- Funktion erzeugten Polygone



Hier wurden die gleichen Startpunkte wie in 4.3.2 verwendet, die in den Layer „Facilities“, analog zu der in 4.3.2 beschriebenen Vorgehensweise, eingeladen wurden. Nun konnten unter in den Analyseinstellungen im Reiter „Analysis Settings“ die Vorgaben gemacht werden. Der zu analysierende Wert war wiederum der Wahrscheinlichkeitswert und die Grenzwerte für die drei Jahre wurden auf 12.000, 24.000 und 36.000 eingestellt (Abb. 22). Der Bestimmung dieser Werte lag die unter 4.3.2 beschriebene Rechnung zugrunde. Hiernach konnten noch im Reiter „Polygon Generation“ die Eigenschaften der erzeugten Polygone bestimmt werden. Diese wurden als Ringe angelegt und verschmolzen. Außerdem sollte keine Abrundung von spitzen Ecken stattfinden (Abb. 23).

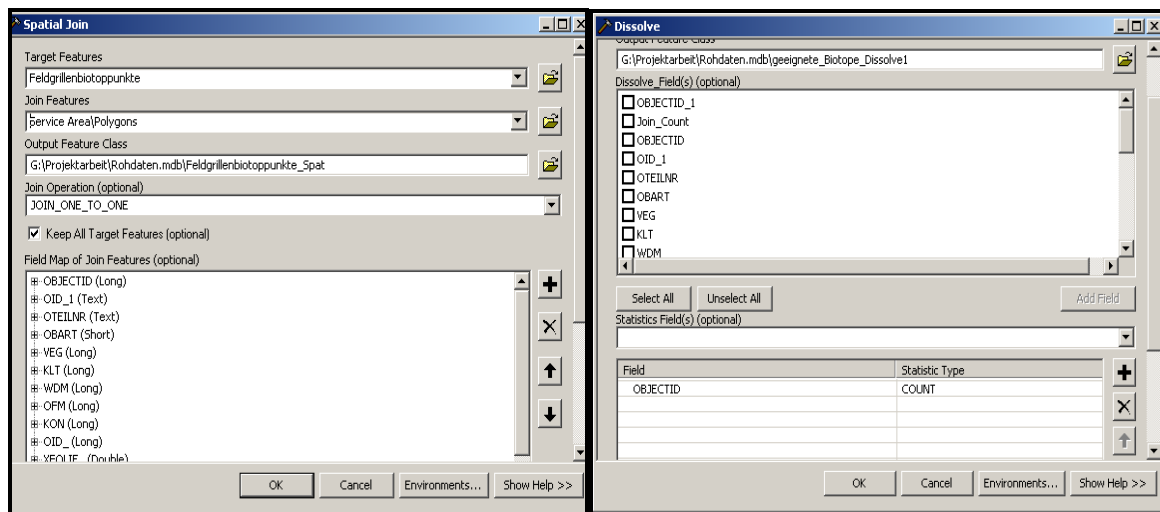


Abbildung 24: Menüs zur Durchführung von „Spatial Join“ und „Dissolve“-Befehlen

Die graphische Darstellung der Polygone ist dem Anhang unter Punkt 7.9 zu entnehmen. Fast der gesamte Analysebereich kann demnach schon im zweiten Jahr erreicht werden. Kleinere Bereiche, die nur nach drei Jahren erreicht werden könnten, liegen entweder in der Peripherie des Bearbeitungsgebietes oder innerhalb geschlossener Waldungen.

<b>Geeignete Biotope</b>		
Ausbreitungsbereiche	Anzahl	prozentualer Anteil
Außerhalb	3	1,80%
1. Jahr	102	61,08%
2. Jahr	50	29,94%
3. Jahr	12	7,19%
<b>Besiedelte Flächen</b>		
Ausbreitungsbereiche	Anzahl	prozentualer Anteil
Außerhalb	2	1,37%
1. Jahr	112	76,71%
2. Jahr	32	21,92%

Tabelle 1: Anzahl der besiedelten und nicht besiedelten Lebensräume in den Ausbreitungsbereichen

Zusätzlich wurden die kleineren Satellitenpopulationen und geeignete nichtbesiedelte Lebensräume als Punkte hinzu geladen. Es fällt auf, dass in den Bereichen, die drei Jahre für eine Besiedlung bräuchten, nur in der Peripherie geeignete und keine



besiedelten Lebensräume liegen. Dieses liegt daran, dass die Feldgrille innerhalb der dort vorherrschenden geschlossenen Waldungen nicht überleben kann.

Die Punkte wurden nun über eine räumliche Verknüpfung („spatial join“) mit den Polygonen verbunden (Abb. 24). Anschließend konnte über eine Aggregation („Dissolve“) über die einzelnen Polygone die Anzahl der Punkte innerhalb jedes Polygons berechnet werden (Abb. 24). Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 1 dargestellt.

Es zeigt sich, dass alle besiedelten und die meisten unbesiedelten Lebensräume innerhalb von zwei Jahren erreicht werden können, die meisten schon im 1. Jahr. Die wenigen unter außerhalb aufgeführten Punkte konnten von der Anwendung nicht auf dem Netzwerk lokalisiert werden.

## **5. Fazit**

Es kann festgestellt werden, dass die Projektziele vorbehaltlich einiger biologisch-fachlicher Änderungen vollends erreicht wurden. Die Bearbeitung dieses Projektes zeigte, dass die für den Straßenverkehr oder auch Leitungsdokumentation programmierten Netzwerkanalysen im GIS gut für die Biotopverbundplanung einsetzbar sind. Eine erste Vorführung beim Auftraggeber stieß auf sehr positive Resonanz, da die erzielten Analyseergebnisse durch geschickte Einstellung der Analysewerte der tatsächlichen Situation im Feld sehr nahe kamen. Es konnte gezeigt werden, entlang welcher Routen eine Besiedlung durch die Feldgrille abgelaufen sein könnte bzw. ablaufen wird.

Das erarbeitete Datenmodell sowie die Vorgehensweise sind variabel gehalten und nun auch auf jegliche andere Tierart anwendbar und räumlich erweiterbar. Noch aussagefähiger wird die Anwendung, wenn für eine andere Art großflächig vorhandene Biotopflächen komplett von der Analyse ausgeschlossen werden können, bzw. Bereiche hinzugezogen werden, die für die Tiere nicht so gute Bedingungen wie der Bearbeitungsbereich liefern.

Insgesamt ist die Erstellung des Datenmodells durch die Digitalisierung allerdings sehr mühselig, für die langfristige Etablierung wäre es wünschenswert, eine automatische Lösung zur Linienzeugung zu finden, bzw. eine Netzwerkverfolgung über Polygone zu ermöglichen, da die Ausgangsdaten der Biotopflächen naturgemäß immer als Polygone vorliegen werden. Ist dieses gegeben, ist eine sehr zügige und aussagekräftige Analyse möglich.

Leider ist zur Zeit beim Auftraggeber kein Etat für die Etablierung von ArcGIS vorhanden, dieses soll aber vor allem aufgrund in diesem Projekt gewonnener Einblicke sobald wie möglich geschehen und die hier erzielten Ergebnisse ausgeweitet und verfeinert werden.

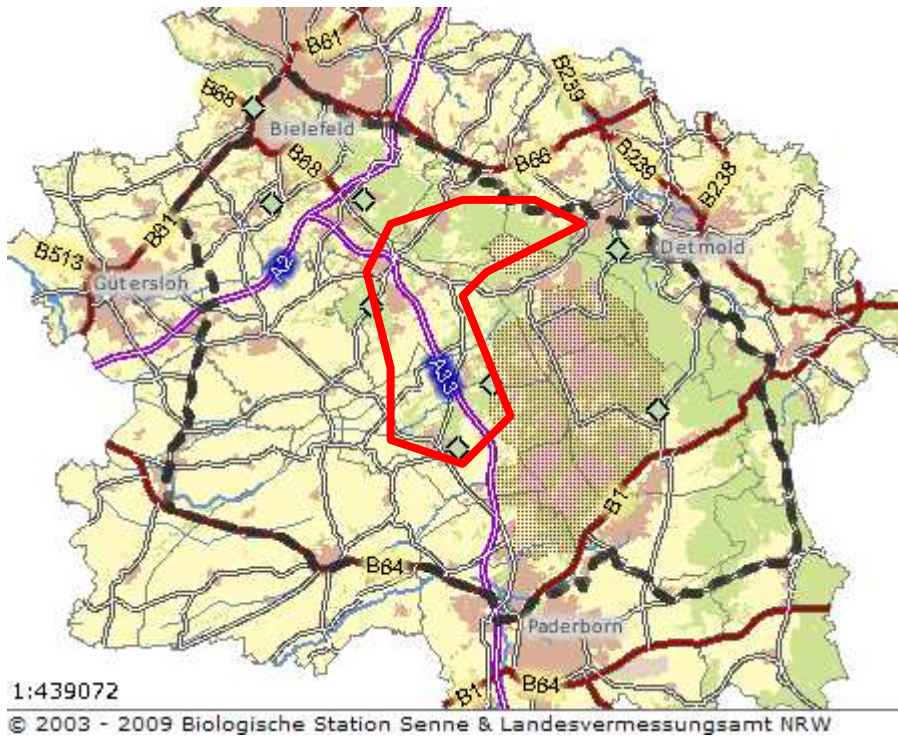
## **6. Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich bei der Erstellung dieser Projektarbeit unterstützt und Thematik sowie Wissen bereitgestellt habe.

Ich danke insbesondere Herrn Christian Venne von der Biologischen Station Kreis Paderborn – Senne für seine biologisch-fachliche Betreuung und die Bereitstellung des Themas und der Daten, sowie Herrn Uwe Valentin von der FGE für seine EDV-fachliche Betreuung und Bereitstellung der nötigen Software.

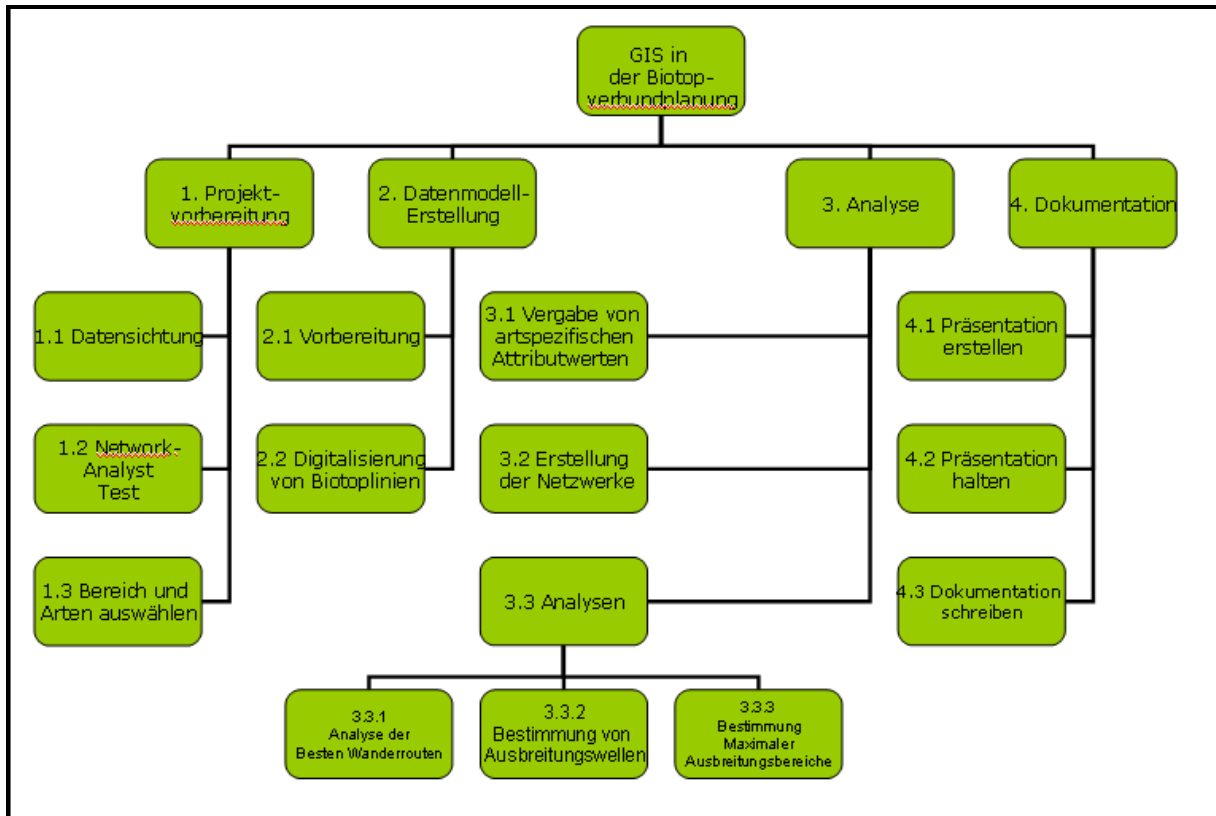
## 7. Anhang

### 7.1 Karte des Projektgebietes

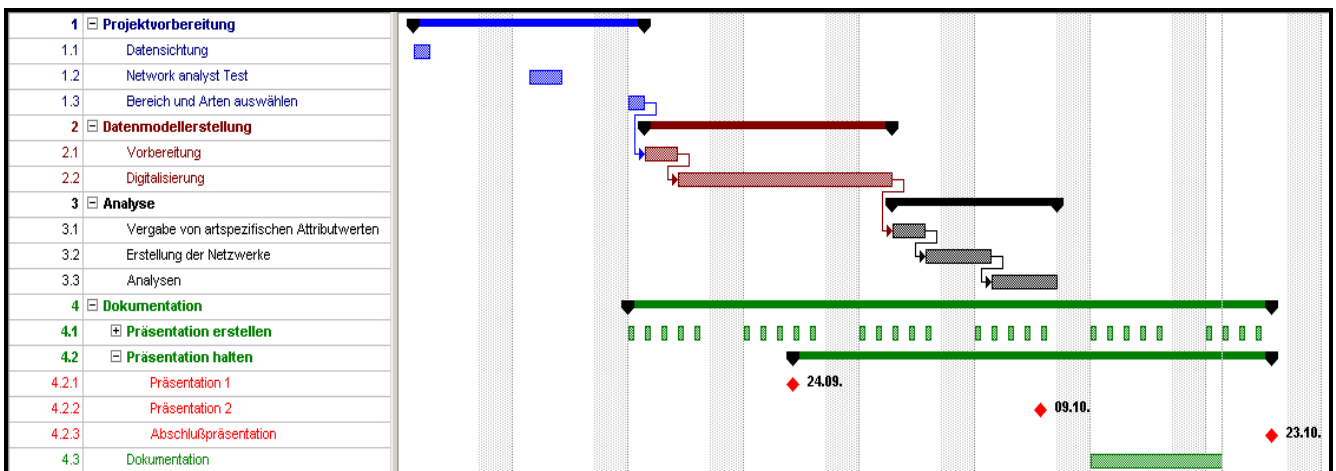


\_\_\_\_\_ Grenze des Projektgebietes

## 7.2 Projektstrukturplan



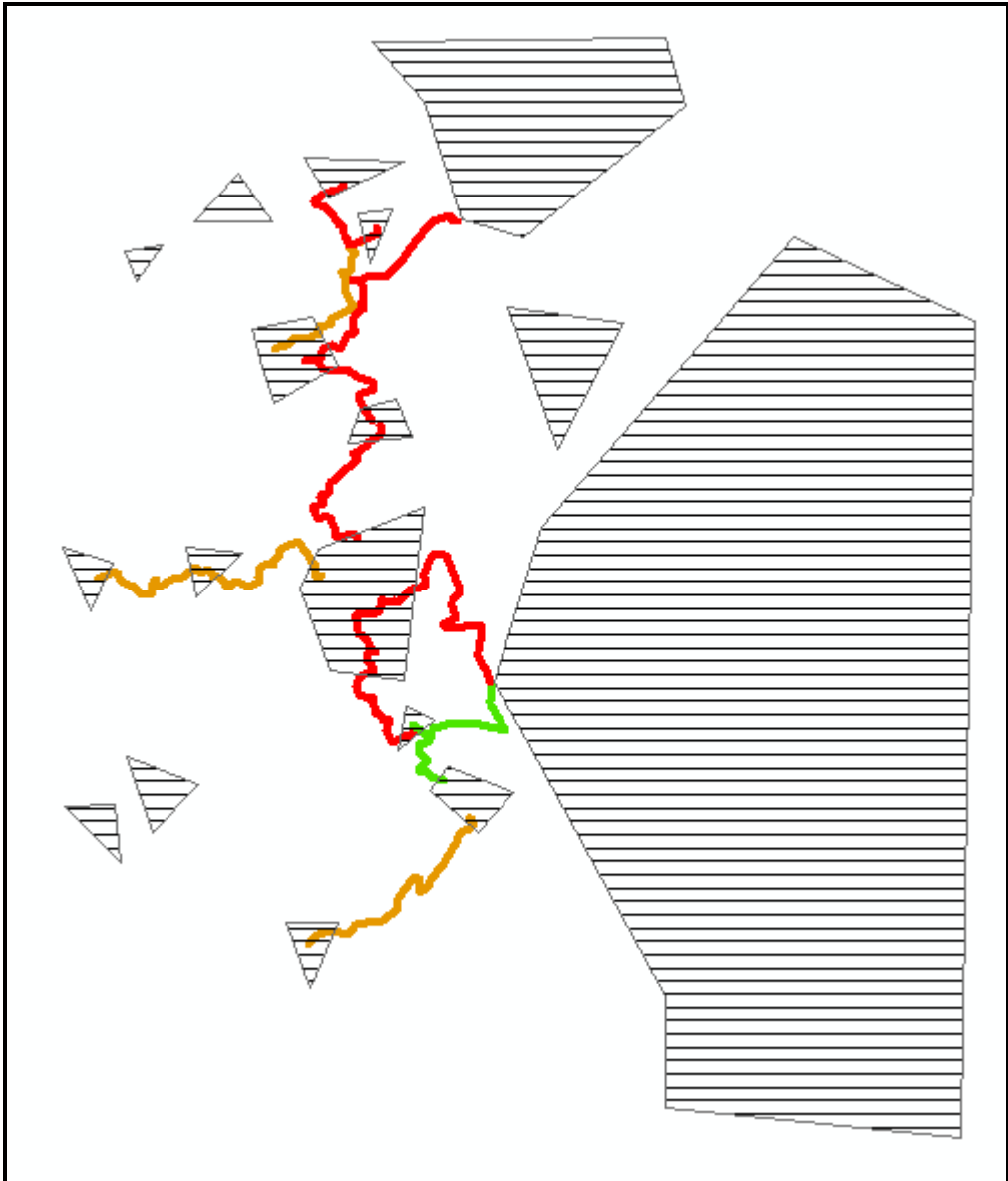
## 7.3 Projektzeitplan



## 7.4 Tabelle der Biotope mit Attributwerten für die Feldgrille

<b>Biotop</b>	<b>Wahrscheinlichkeit</b>	<b>Wert</b>
<b>Ackerland</b>	<b>50%</b>	<b>2</b>
<b>Wald</b>	<b>10%</b>	<b>10</b>
<b>Trockenes Grünland</b>	<b>90%</b>	<b>1,11</b>
<b>Feuchtes Grünland</b>	<b>50%</b>	<b>2</b>
<b>Heide</b>	<b>100%</b>	<b>1</b>
<b>Gehölz</b>	<b>20%</b>	<b>5</b>
<b>Brachland</b>	<b>80%</b>	<b>1,25</b>
<b>Sonderkultur</b>	<b>50%</b>	<b>2</b>
<b>Siedlungsraum</b>	<b>30%</b>	<b>3,33</b>
<b>Vegetationslos</b>	<b>100%</b>	<b>1</b>
<b>unbestimmt</b>	<b>50%</b>	<b>2</b>
<b>Autobahnübergang</b>	<b>5%</b>	<b>20</b>
<b>Fließgewässerübergang</b>	<b>5%</b>	<b>20</b>
<b>Nasser Boden</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>Sumpf</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>Moor</b>	<b>/</b>	<b>/</b>

# 7.5 Wanderung zwischen bestehenden Teilpopulationen



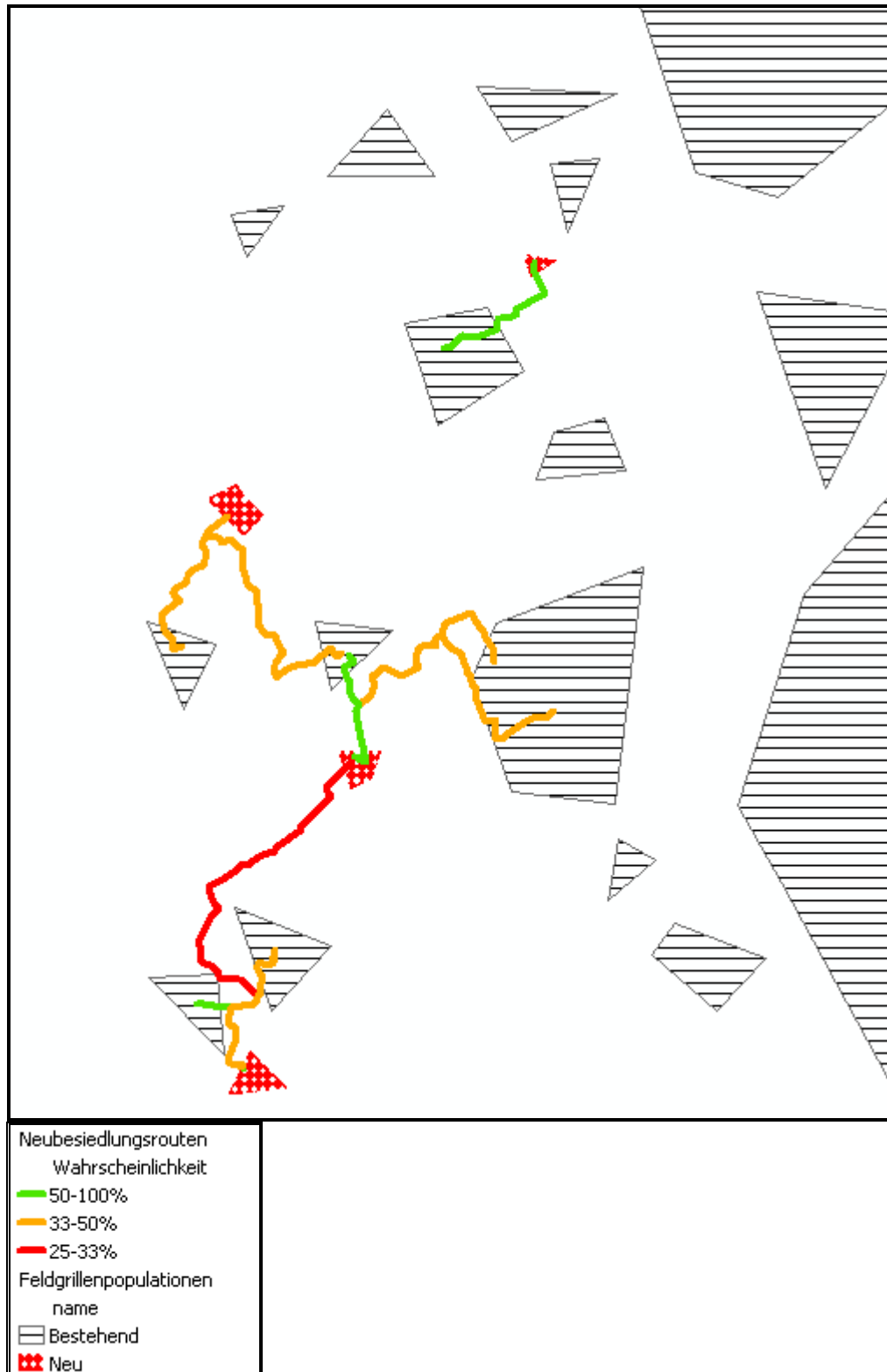
Routen zwischen Teilpopulationen  
Wahrscheinlichkeit

- 50-100%
- 33-50%
- 25-33%

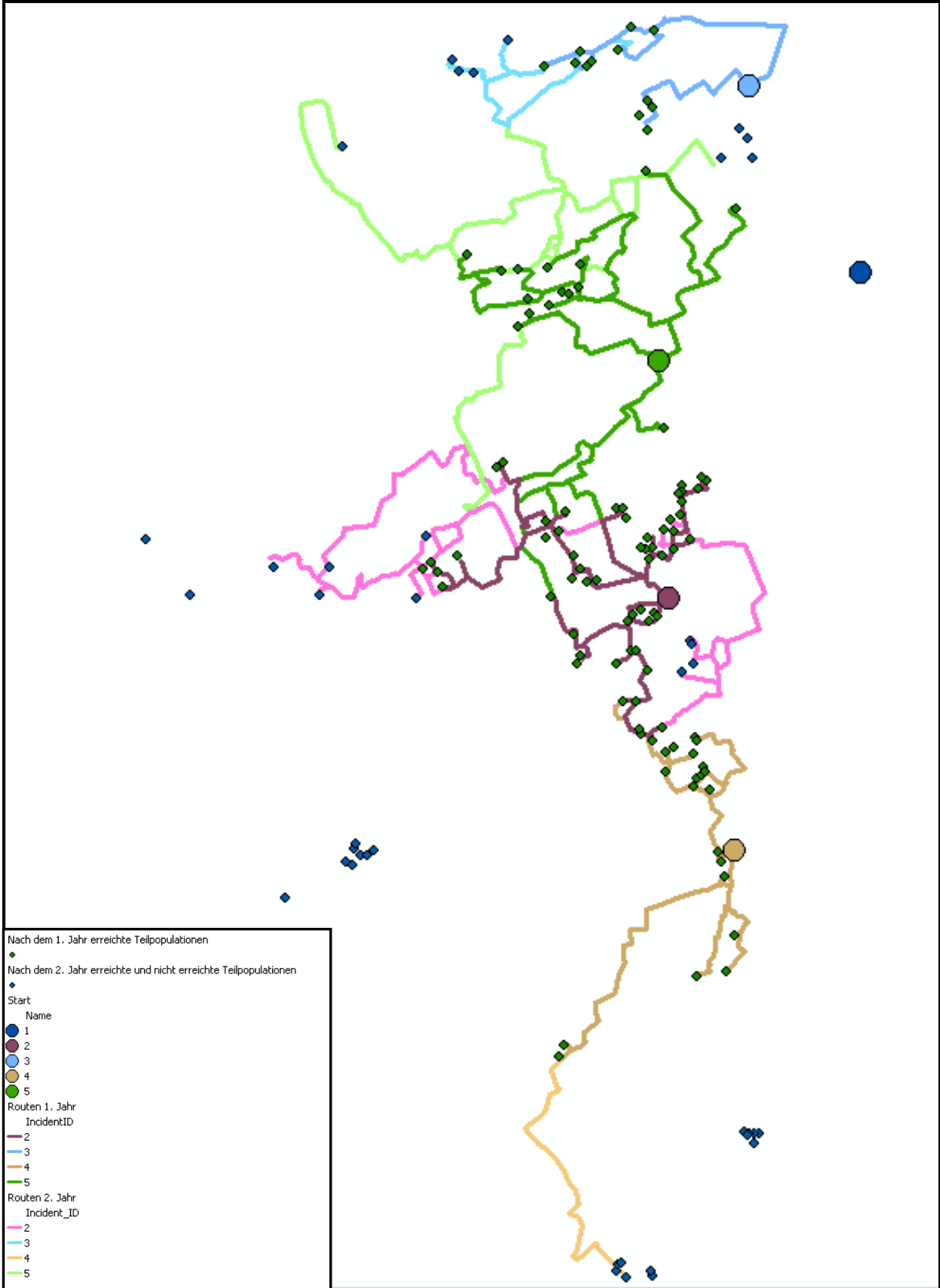
Feldgrillenpopulationen  
name

- Bestehend

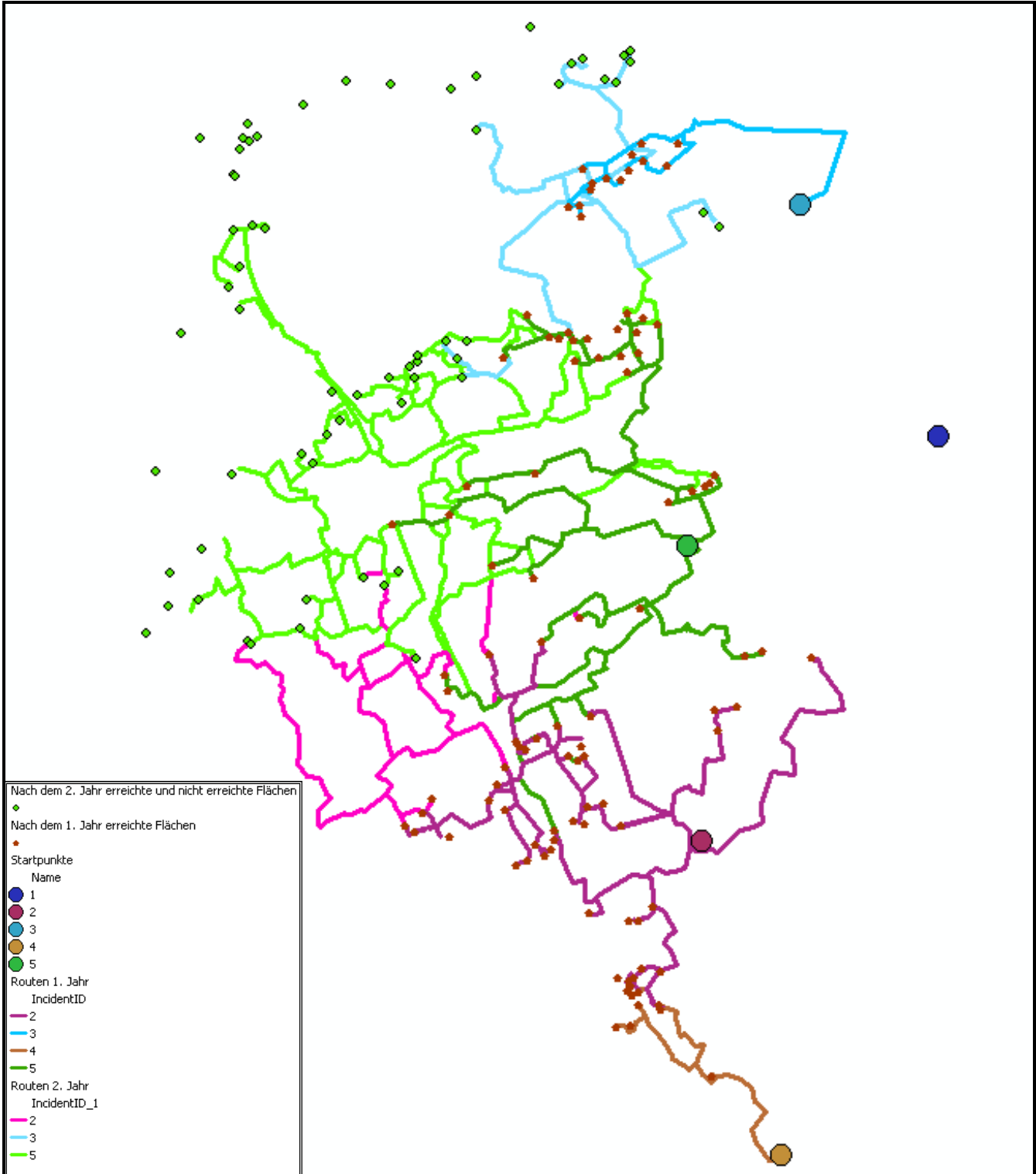
## 7.6 Neubesiedlung von geeigneten Flächen



# 7.7 Bestimmung von jährlichen Ausbreitungswellen zu besiedelten Flächen

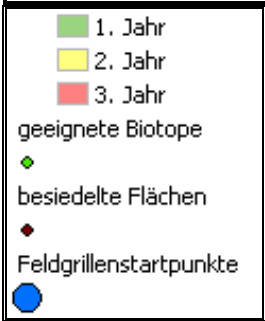
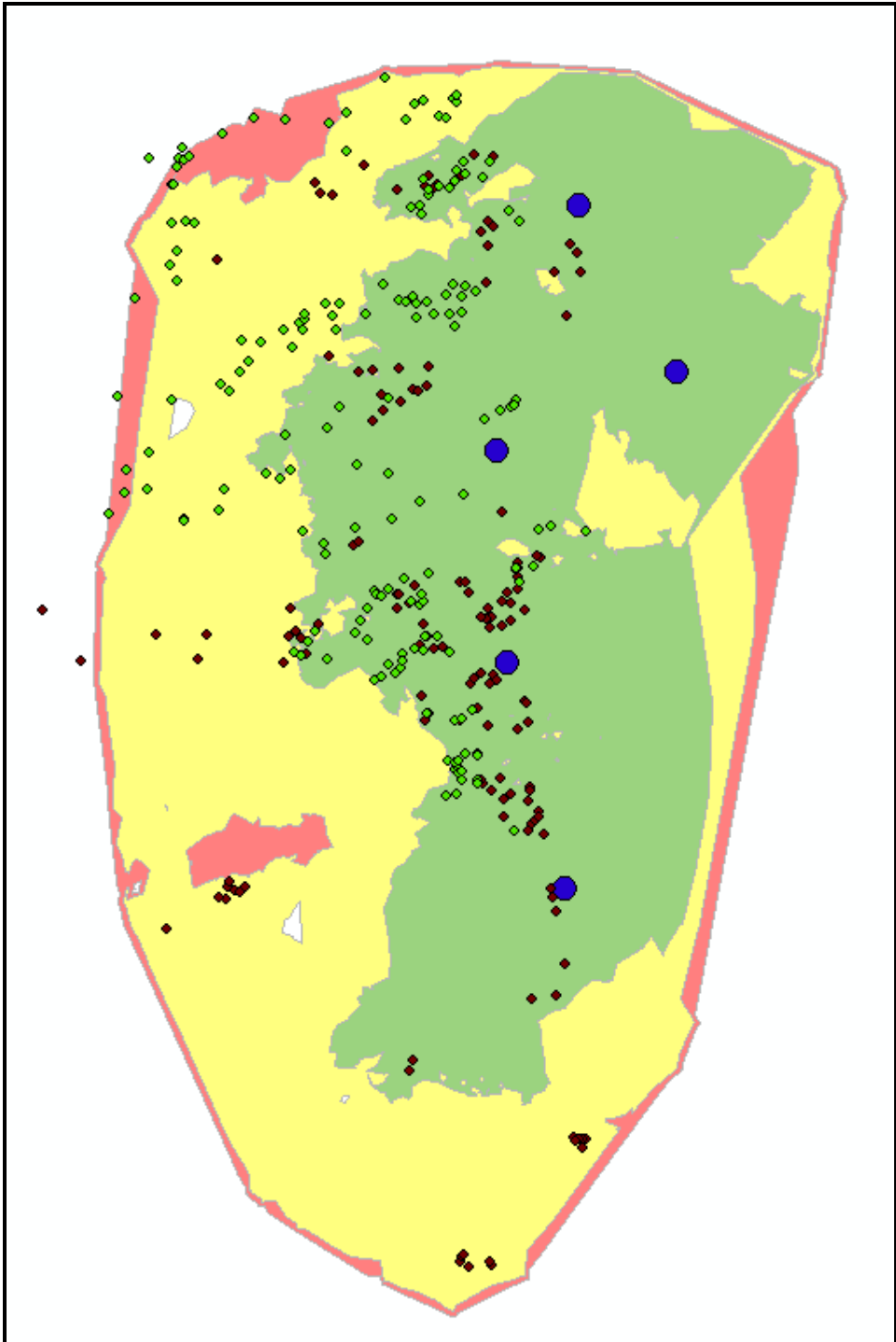


### 7.8 Bestimmung von jährlichen Ausbreitungswellen zu geeigneten Lebensräumen





### 7.9 Bestimmung von maximalen jährlichen Ausbreitungsbereichen



## 7.10 Literaturverzeichnis

URBANSKA, K. M. (1992): Populationsbiologie der Pflanzen. Verlag Gustav Fischer

JÜLCH, C. (2006): Untersuchungen zur Verbreitung und zu den Lebensraumsansprüchen der Feldgrille (*Gryllus campestris*) in der Senne (Nordrhein-Westfalen), Examensarbeit an der Universität Oldenburg

SERAPHIM, E.TH: (1978): Erdgeschichte, Landschaftsformen und geomorphologische Gliederung der Senne. In: SERAPHIM, E.TH. (Hrsg.): Beiträge zur Ökologie der Senne 1. Teil. - Ber. Naturwiss. Ver. Bielefeld, Sonderheft I, 7 - 24