

Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrgangs „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Zentrum für Geoinformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

„Dynamische Kartographie“ Untersucht am Beispiel des Animal Tracking unter Verwendung des ArcGIS Tracking Analyst

vorgelegt von

Dipl.–Ing. (FH) Susanne Schnitzer
U1308, UNIGIS MSc Jahrgang 2007

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) –
MSc (GIS)“

Gutachter:

Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

München, den 31.08.2009

Danksagung

Diese Seite möchte ich dazu nutzen, all denen zu danken, die mich so geduldig durch das gesamte Studium begleitet haben. Vor allem sind hier meine Familie und Freunde angesprochen, die oft manches Mal auf meine Anwesenheit verzichten haben oder sich immer wieder all das anhören mussten, was mich während des Studiums und vor allem während der Master Thesis beschäftigt hat.

Bei folgenden Person und Gruppe möchte ich mich außerdem bedanken:

- Die Münchner Lerngruppe, mit der in diversen Wirtschaften Münchens ein reger (auch) UNIGIS-bezogener Austausch stattfand. Hier möchte ich ganz besonders Christian Gruber nennen, mit dem ich mir zahllose Nächte zur Lösung kniffliger Modulprobleme um die Ohren geschlagen habe, sowie Felicitas Bellert und Bernadette Sortier, mit denen ich eine unvergessliche Zeit in Kanada an der Brock University in St. Catharines verbracht habe.
- Prof. Dr. Josef Strobl, der mich durch gezielte Fragen auf den richtigen Weg in der schwierigen Phase der Konzeptfindung dieser Master Thesis geführt hat.
- Arthur Reinelt und Anja Stache vom Nationalpark Bayerischer Wald, ohne deren Trackingdaten diese Arbeit kein Anwendungsbeispiel hätte.
- Vroni Hinz, die sich selbstlos angeboten hat, diese Arbeit Korrektur zu lesen.
- Der Firma GeoGraphic Production GmbH, die sich finanziell an meinem UNIGIS-Studium beteiligt hat.

Susanne Schnitzer.

Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet.

München, den 31. August 2009

Susanne Schnitzer

Kurzfassung

Diese Master Thesis dient als Überblicksarbeit über die Darstellungsmethoden dynamischer (raum-zeitlicher) Prozesse in der Kartographie. Diese Prozesse können auf traditionellen Papierkarten, aber auch in Animationen abgebildet werden. Der theoretisch-methodische Teil der Arbeit befasst sich mit den Darstellungsmethoden dieser beiden Umsetzungsformen.

Im praktischen Teil der Arbeit wird mit Hilfe des Anwendungsbeispiels Animal Tracking versucht, die Aspekte der Animation umzusetzen. Hierfür werden über die Erstellung eines Use Case die Anforderungen für die Visualisierungen und Analysen entwickelt. Die Erstellung der Animationen erfolgt in dem Programm *ArcGIS 9.3* der Firma ESRI mit der Extension *ArcGIS Tracking Analyst*, die speziell für die Darstellung raum-zeitlicher Datensätze entwickelt wurde. Als Testdatensätze dienen die Trackingdaten einiger Tiere (Luchs, Reh, Rothirsch), die von der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald zur Verfügung gestellt wurden.

Am Ende der Arbeit werden die entstandenen Animationen nach den definierten Anforderungen für die Visualisierungen und Analysen sowie nach Visualisierungskriterien überprüft und bewertet. Außerdem wird die Funktionalität des *ArcGIS Tracking Analyst* für die Animationserstellung beschrieben.

Neben dem Überblick über die Darstellungsmethoden dynamischer Prozesse stellt diese Arbeit die Umsetzung der dynamischen Kartographie in einem GIS beispielhaft vor.

Abstract

This master thesis gives an overview of illustration methods of dynamic (spatial and temporal) processes in cartography.

These processes can be represented on traditional maps but also in animations. The theoretical-methodical part of this master thesis is concerned with these two types of illustration methods.

The practical part of this paper tries to implement the aspects of animations in the use case animal tracking. After creating a use case diagram there will be several requirements developed for matters of visualization and analysis. The creation of the animations will be made in *ArcGIS 9.3* using the extension *ArcGIS Tracking Analyst* which has been developed for the illustration of spatio-temporal data. The test case was supplied by the Bavarian Forest National Park. The tracking data show animals (lynx, roe deer, red deer) of the national park.

In the end of this paper the created animations will be revised and evaluated due to the defined requirements for matters of visualization and analysis as well as due visualization criteria.

Also the functionality of the extension *ArcGIS Tracking Analyst* for creating animations will be described.

Besides an overview of illustration methods of dynamic processes this master thesis shows an example of how to realize dynamic cartography in a GIS.

„Die Zeit ist Bewegung im Raum.“

Joseph Joubert

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1. Einführung	8
1.1 Motivation	8
1.2 Aufgabenstellung	9
1.3 Lösungsansatz	9
1.3.1 Das Untersuchungsgebiet	11
1.3.2 Die Tiere – der Testdatensatz	13
1.3.3 Animal Tracking und die Tiere	17
1.4 Nicht-Ziele	18
1.5 Beabsichtigtes Publikum	18
1.6 Struktur der Thesis	19
2. Dynamische Kartographie	21
2.1 Zeit in Karten	21
2.2 Daten mit Raum- und Zeitbezug	24
2.3 Visualisierung	25
2.4 Statische Darstellungen	27
2.4.1 Choroplethenkarten	27
2.4.2 Diagrammkarten	29
2.4.3 Ikonifizierung	31
2.4.4 Mehrschichtige Karten	34
2.4.5 Mehrphasenkarte	34
2.4.6 Mehrfenster-Technik	35
2.4.7 Verwendung der 3. Dimension als Zeitachse	36
2.5 Dynamische Darstellung (Animation)	40
2.5.1 Animationskomponenten	42
2.5.2 Animationserstellung	43
2.5.3 Animationsmethoden	45

3. Anwendungsfall	46
3.1 Animal Tracking.....	47
3.2 Usecase Animal Tracking.....	51
3.3 Tracking Analyst.....	54
3.4 Trackingdaten.....	54
3.5 Basisdaten und Web Map Services.....	57
4. Umsetzung Animal Tracking	58
4.1 Datenbearbeitung.....	58
4.2 Visualisierungen.....	62
4.3 Analysen.....	75
5. Ergebnisse	82
5.1 Visualisierungen.....	82
5.2 Analysen.....	85
6. Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick	88
Literaturverzeichnis	VIII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: ArcGIS Neuerungen seit Release ArcGIS 9.0 (ESRI Deutschland, 200- b)	8
Abbildung 2: Nationalparke Bayerischer Wald und Šumava (Eigener Entwurf)	12
Abbildung 3: Eurasischer Luchs	13
Abbildung 4: Europäisches Reh mit Senderhalsband	15
Abbildung 5: Rothirsche, weiblich und männlich	16
Abbildung 6: Struktur der Master Thesis	20
Abbildung 7: Objektentwicklung (nach Worboys & Duckham, 2004).....	23
Abbildung 8: Visualisierungspipeline (nach Tominski et al., 2003).....	26
Abbildung 9: Choroplethenkarte (Nordregio, 2005)	28
Abbildung 10: Unterschiedliche Diagrammartentypen (Bollmann & Koch, 2001)....	29
Abbildung 11: Diagrammkarte (Nordregio, 2005)	30
Abbildung 12: ThemeRiver-Ikonen auf Karte mit Lupeneffekt	31
Abbildung 13: Zeitrad (Tominski et al., 2003)	31
Abbildung 14: Maximumikonen (Tominski et al., 2003)	32
Abbildung 15: Aufbau eines ThemeRivers (Tominski et al., 2003).....	32
Abbildung 16: Zeitrad (Tominski et al., 2003)	33
Abbildung 17: Mehrschichtige Karte (eigener Entwurf nach Götze & van den Berg, 2003).....	34
Abbildung 18: Mehrphasenkarte (Bollmann & Koch, 2001).....	35
Abbildung 19: Mehrfenster-Technik (Tominski et al., 2003)	35
Abbildung 20: Lexis Pencil, oben: Aufbau, unten: Platzierung über der Karte (Tominski et al., 2003).....	36
Abbildung 21: Helix mit Spiraldarstellung (Tominski et al., 2003).....	37
Abbildung 22: Maximalanalyse (Tominski et al., 2003)	38
Abbildung 23: Schema des Animationsprozesses (Dransch, 2000)	44
Abbildung 24: Animationsmethoden (Bollmann & Koch, 2001)	45
Abbildung 25: links: Besenderung eines Rehs, rechts: diverse Senderhals- bänder (beide Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200- a)	48
Abbildung 26: Prinzip der GPS-GSM-Telemetrie (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a).....	48
Abbildung 27: Aufenthaltsgebiet des Tieres (markiertes Dreieck) auf einer Karte (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200- b) ...	49

Abbildung 28: Luchs vor einer Fotofalle (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200-a).....	50
Abbildung 29: links: Wärmebild , rechts: Realbild (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200- a).....	51
Abbildung 30: Use-Case-Diagramm Animal Tracking (eigener Entwurf).....	52
Abbildung 31: Einbindung von deutschen und tschechischen WMS-Servern	57
Abbildung 32: Untersuchungsgebiet mit Positionen der Tiere (gelbe Punkte)	59
Abbildung 33: Entfernung von Nullwerten, links: komplett, rechts: bereinigt ..	59
Abbildung 34: Attributtabelle mit ergänzten TRACK_ID- und DATE_TIME- Spalten.....	60
Abbildung 35: Datenbearbeitung mit Hilfe des Model Builder.....	61
Abbildung 36: Funktionen des Playback Managers des ArcGIS Tracking Analyst	64
Abbildung 37: Datenauswahl für Gerdas Autounfall, vor und nach dem Unfall.....	65
Abbildung 38: Hervorhebung durch Action (roter Stern) und Einblendung (gelber Stern).....	66
Abbildung 39: Ansicht des Szenarios II in QuickTime	67
Abbildung 40: Playback Manager mit Temporal Offset.....	68
Abbildung 41: Ansicht des Szenarios II in QuickTime	69
Abbildung 42: Ansicht des Szenarios III in QuickTime	70
Abbildung 43: Ansicht des Layout-Fensters in ArcMap mit dem Szenario IV	72
Abbildung 44: Animations-Tool des ArcGIS Tracking Analyst (links) und des ArcGIS Standardpaketes (rechts)	73
Abbildung 45: Menü des Animation Tool vom ArcGIS Tracking Analyst	74
Abbildung 46: Ergebnistabelle nach Anwendung der Funktion Point Distance.....	75
Abbildung 47: Legende und Darstellung der Entfernungen durch Gestal- tung des Tracking Layers mittels ArcGIS Tracking Analyst ...	76
Abbildung 48: Ergebnistabelle nach Anwendung der Funktion Closest Feature Distance.....	77
Abbildung 49: Anzeige der Entfernungen pro Streckenabschnitt	77
Abbildung 50: Data Clock zeigt die Hurricane-Saison	78
Abbildung 51: Data Clock und Attributtabelle vom Milan.....	79
Abbildung 52: Data Clock vom Gesamtdatensatz von Reh Heinz.....	80
Abbildung 53: Data Clock und Attributtabelle von Reh Heinz am 12.05.2008	81

Abbildung 54: Data Clock von Reh Heinz am 12.05.2008 in Stunden und Minuten	81
Abbildung 55: Szenario II, Problematik: fehlender Zoom und Höhendarstellung.....	83
Abbildung 56: Szenario III, Problematik: fehlender Zoom auf die Reviere.....	83
Abbildung 57: Problematik der Analyse „Wie nahe kommen sich zwei Tracks“	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Visualisierungsmethoden in der dynamischen Kartographie	10
Tabelle 2: Protagonisten der Szenarien	17
Tabelle 3: Kontinuierliches und Auftretendes (nach Worboys & Duckham, 2004).....	23
Tabelle 4: Temporal observation (nach ESRI, 2004).....	55
Tabelle 5: Complex stationary event links: temporal object, rechts: temporal observation (nach ESRI, 2004).....	56
Tabelle 6: Complex dynamic events links: temporal object, rechts: temporal observation (nach ESRI, 2004).....	56
Tabelle 7: Zeiträume der Daten für die Rothirsche in Szenario II.....	68

Abkürzungsverzeichnis

BRD	Bundesrepublik Deutschland
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DGM	Digitales Geländemodell
EDA	Exploratory Data Analysis
GI	Geoinformation
GIS	Geographisches Informationssystem
GSM	Global System for Mobile Communication
GPS	Global Positioning System
N.N.	Normalnull
SMS	Short Message Service
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VHF	Very High Frequency
WMS	Web Map Service

1. Einführung

1.1 Motivation

"Raum und Zeit sind Denkweisen, die wir benutzen. Raum und Zeit sind nicht Zustände, unter denen wir leben." Diese Denkweisen, von denen Albert Einstein hier sprach, sind allerdings sehr zentrale im menschlichen Leben. Denn wer könnte sich heutzutage vorstellen ohne eine Uhr, in welcher Form auch immer, auszukommen? Wie könnte man Termine einhalten oder planen, geschweige denn Züge und Flugzeuge erreichen? Zeitangaben wie *zu Sonnenaufgang* oder *nach Einbruch der Dunkelheit* existieren – mal abgesehen von Open-Air-Kinoveranstaltungen und in alten Filmen – nicht mehr.

Dieser im täglichen Leben so dominante Faktor Zeit beginnt nun auch langsam in der GIS-Welt Einzug zu halten, nachdem sie sich bis vor kurzem ausschließlich dem Raumbezug von Daten gewidmet hat. Diese Entwicklung veranschaulicht Abbildung 1 am Beispiel der Software ArcGIS der Firma ESRI. Erst seit 2006 ist die Animation von Zeitverläufen im Standardpaket enthalten.

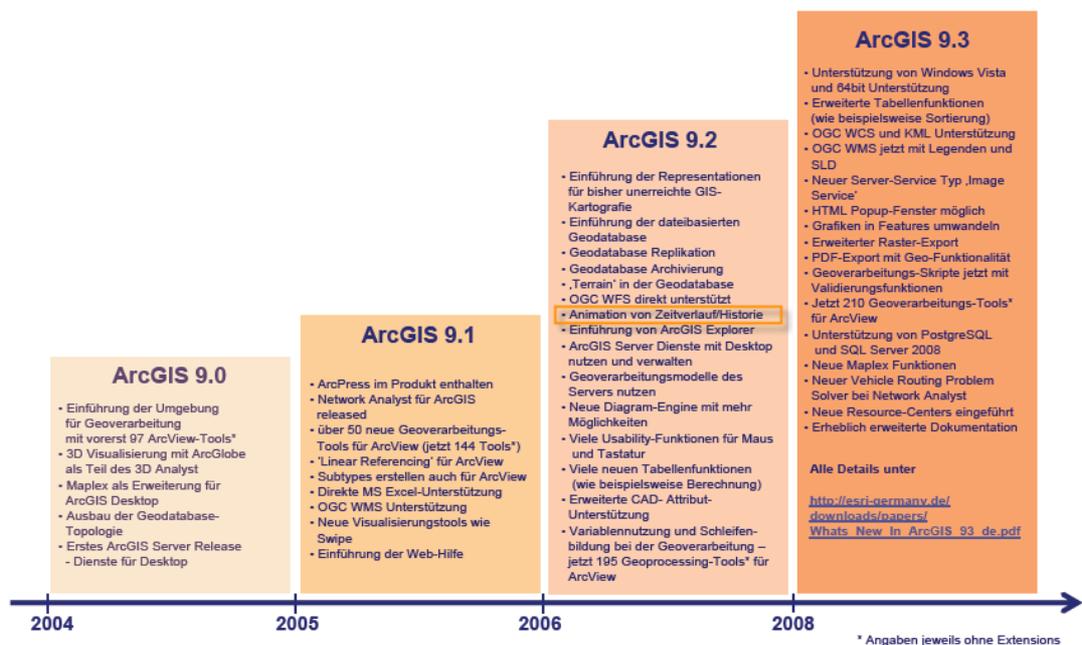


Abbildung 1: ArcGIS Neuerungen seit Release ArcGIS 9.0 (ESRI Deutschland, 200- b)

Dabei sind die Anwendungsfelder, die über raum-zeitliche Daten verfügen und Bedarf an entsprechenden Werkzeugen haben, vielfältig. Hierzu nennen Worboys und Duckham (2004) beispielsweise die Bereiche Umwelt, Transportwesen, sozialwirtschaftliche und demographische Anwendungen, Gesundheitswesen und Epidemiologie, Multimedia, Regierungsverwaltung sowie den Bereich der Verteidigung. Außerdem stellen Worboys und Duckham (2004) fest, dass „We have moved from a data-poor to a data-rich information society, and much of this data has both spatial and temporal components.“ Durch dieses erhöhte raum-zeitliche Datenaufkommen steigt auch die Vielzahl der Anwender und mit ihr der Anspruch an die Präsentation von raum-zeitlichen Daten. Die Darstellung dieser Daten erfolgt über zwei Arten: über traditionelle (statische) Karten und Animationen. Durch die Beschränkungen, die traditionelle Karten aber mit sich bringen (hierauf wird in Kapitel 2 genauer eingegangen), werden zur optimalen Informationsvermittlung immer häufiger Animationen eingesetzt, die Analyseergebnisse und Planungsszenarien vorstellen, sowie die Erkennung von Mustern oder Anomalien ermöglichen (Dransch, 1994).

1.2 Aufgabenstellung

Diese Arbeit soll einen Überblick über die Darstellungsmethoden raum-zeitlicher Veränderungen in Karten – kurz dynamische Kartographie – geben. Am Anwendungsbeispiel *Animal Tracking* wird die Umsetzbarkeit der Darstellungsmethode Animation mit Hilfe der Softwareerweiterung *ArcGIS Tracking Analyst* untersucht. Besonderes Hauptaugenmerk wird dabei auf die Visualisierung und Analyse gelegt.

1.3 Lösungsansatz

Die Aufgabenstellung lässt sich in zwei Teile gliedern: Die Vorstellung der Visualisierungsmethoden der dynamischen Kartographie zum einen sowie die Bearbeitung des Anwendungsfalls *Animal Tracking* als Praxisbeispiel zum anderen.

Der erste Teil beruht auf Ausarbeitung von Sekundärliteratur und beschreibt die verschiedenen Darstellungsmethoden der traditionellen Kartographie so-

wie die der Animation. Eine Übersicht der verschiedenen Methoden findet sich in Tabelle 1.

Methoden der traditionellen Kartographie	Animationsmethoden
Choroplethenkarten	Diashow
Diagrammkarten	Text-Animation
Ikonisierung	Metamorphose
Mehrschichtige Karten	Pfad-Animation
Mehrphasenkarte	Farbwellen-Animation
Mehrfenster-technik	Darstelleranimation
3. Dimension als Zeitachse	Kamera-Animation

Tabelle 1: Visualisierungsmethoden in der dynamischen Kartographie

Unter Zuhilfenahme der Funktionen des *ArcGIS Tracking Analyst* sollen im zweiten Aufgabenteil Fragen zu Visualisierung und Analyse von Daten mit Raum- und Zeitbezug beantwortet werden. Die Daten, die hierzu verwendet werden, sind Tierbewegungen (Trackingdaten) von einem Luchs, Rehen sowie Rothirschen und wurden von der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald bereitgestellt.

Basierend auf den Trackingdaten der Tiere wurden Szenarien ausgewählt, die in Animationen mit verschiedenen Visualisierungseffekten veranschaulicht werden sollen.

Visualisierungseffekte

- Kann ein Ereignis während der Animation hervorgehoben werden?
- Ist das Zoomen während der Animation möglich?
- Ist die gleichzeitige Präsentation mehrerer Tiere mit unterschiedlicher Darstellung der einzelnen Tiere möglich?
- Lassen sich die Bewegungen der Tiere mittels Tracks nachvollziehen?

Darüber hinaus ergeben sich folgende Fragen zu Analysefunktionen, die ebenfalls mit Hilfe der Trackingdaten der Tiere untersucht werden sollen.

Analysefragen

- Wie nahe kommen sich zwei Tracks?
- Welche Strecke legt ein Tier in einer bestimmten Zeit zurück?
- Welche Möglichkeiten der zeitlichen Mustererkennung mittels Diagrammen gibt es?

Aus den Ergebnissen der Visualisierungs- und Analysefragen lässt sich zusammenfassend folgendes über die **Funktionalität des *ArcGIS Tracking Analyst*** beantworten:

- Reichen die Funktionen des *ArcGIS Tracking Analyst* in seiner Standardausführung für die oben genannten Darstellungsmethoden aus?
- Inwieweit kann der *ArcGIS Tracking Analyst* in seiner Standardausführung zu Analysezwecken verwendet werden?
- Wo sind die Grenzen des *ArcGIS Tracking Analyst* für diese Anforderungen?

Die Untersuchung und Beantwortung dieser Fragen macht den zweiten Teil der Aufgabenstellung aus.

Im Folgenden werden nun das Untersuchungsgebiet, die Tiere und das Animal Tracking kurz erläutert. Hier sollen Begrifflichkeiten und Hintergrundinformationen besprochen werden, die im Verlauf der vorliegenden Arbeit Verwendung finden und somit zum Verständnis selbiger nützlich sind.

1.3.1 Das Untersuchungsgebiet

Als Untersuchungsgebiet dient der Nationalpark Bayerischer Wald auf deutscher und der Nationalpark Šumava auf tschechischer Seite sowie deren nähere Umgebung. Die Ausdehnung des Gebiets ergibt sich aus der Verteilung der Tierbewegungen, die den Testdatensatz ausmachen (in Abbildung 2 ist das Untersuchungsgebiet orange hervorgehoben). Die Auswahl der darzustellenden Tiere wurde von den Nationalparkmitarbeitern nach Kriterien der Verhaltensforschung und Interesse an bestimmten Szenarien getroffen.



Abbildung 2: Nationalparke Bayerischer Wald und Šumava (Eigener Entwurf)

Nationalpark Bayerischer Wald

Der *Nationalpark Bayerischer Wald* war der erste Nationalpark Deutschlands und wurde im Oktober 1970 gegründet. 1981 ernannte die UNESCO das Biosphärenreservat zum Weltnaturerbe. Im August 1997 fand eine Erweiterung des Nationalparks nach Norden bis Bayerisch Eisenstein statt und vergrößerte die Fläche des Nationalparks um knapp das Doppelte auf 24.220 Hektar. Er ist damit der größte deutsche Waldnationalpark: "Ein Urwald für unsere Kinder und Kindeskinde" wie es damals der bayerische Staatsminister für Landwirtschaft und Forsten Dr. Hans Eisenmann ausdrückte.

Die höchste Erhebung ist der Grosse Rachel mit einer Höhe von 1453 m über N.N. Insgesamt ist *der Nationalpark Bayerischer Wald* von Bergen und steilen Berghängen geprägt. Der Waldanteil beträgt über 98 % der Nationalparkfläche.

(Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200- b)

Nationalpark Šumava

Der *Nationalpark Šumava* (deutsch: *Nationalpark Böhmerwald*) wurde 1963 zunächst zum Landschaftsschutzgebiet erklärt und 1990 als Biosphärenreservat zum Weltnaturerbe der UNESCO ernannt. Ein Jahr später, 1991, wies die tschechische Regierung das Gebiet dann als Nationalpark aus.

Die Fläche des *Nationalpark Šumava* beträgt 68.520 Hektar und ist damit knapp dreimal so groß wie der *Nationalpark Bayerischer Wald*. Das umgebende *Landschaftsschutzgebiet Šumava* bemisst sich auf zusätzliche 94.480 Hektar.

Die höchste Erhebung ist der Plöckenstein mit 1378 m über N.N. „Der *Nationalpark Šumava* hat den Charakter eines tektonisch angehobenen höhenmäßig ausgeglichenen Mittelgebirges bzw. Hochlandes mit ausgedehnten Plateaus in der Höhe von annähernd 1000 Metern über dem Meeresspiegel.“ (CzechTourism.com, 2009)

1.3.2 Die Tiere – der Testdatensatz

Im Anwendungsbeispiel Animal Tracking bilden folgende Tiere den Testdatensatz:

Der Eurasische Luchs (*Lynx lynx*)

- Er ist das größte katzenartige Raubtier Europas.
- Er erreicht eine Schulterhöhe von 55 cm.
- Katzen wiegen 17-20 kg.
- Kater wiegen 20-26 kg.
- Er wird bis zu 15 Jahre alt.

(Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a)



Abbildung 3: Eurasischer Luchs

Der bevorzugte Lebensraum des Luchses sind hohe Misch- und Laubwälder mit dichtem Unterholz in Niederungen und im Hochgebirge. (Trense, 2005) Er hält sich aber auch oft in den Wald-Feld-Bereichen auf, da hier der bevor-

zugte Lebensraum des Rehs ist und somit eine hohe Rehdichte dem Luchs die Jagd auf Beute erleichtert.

Der Luchs braucht sehr große Territorien, die beim Weibchen zwischen 50 - 200 km² und beim Männchen zwischen 150 - 400 km² liegen.

Die Tiere bewegen sich in ihrem Revier in einem Netz von Lieblingsorten (Tageslager oder bevorzugte Jagdorte) so genannten Knoten. Die Verbindungen zwischen den Knoten stellen dabei die Wege zwischen den Orten dar. (Naturpark Bayerischer Wald e.V., 2005)

Der Luchs ist in erster Linie dämmerungsaktiv, aber auch nachtaktive. Tagsüber hält er sich vor allem in Unterschlüpfen, wie Höhlen oder Fichtendickichten versteckt. (Naturpark Bayerischer Wald e.V., 2005)

Die Hauptnahrung des Luchses sind Rehe, Kälber von Rotwild und Damwild, Hasen, gelegentlich auch Schafe, Ziegen. (Trense, 2005). Die Beute wird durch Anpirschen aus dem Hinterhalt gejagt, da der Luchs zwar ein guter Sprinter, aber nicht für lange Verfolgungsjagden gebaut ist. (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a)

Luchse sind Einzelgänger. Sie grenzen Ihre Territorien mittels Harnmarken ab. So weiß ein Luchs, ob ein Gebiet gerade „besetzt“ ist oder nicht. Sind die Harnmarken alt oder gar nicht vorhanden, bedeutet das für den Luchs, dass er hier freie Bahn hat. Während der Paarungszeit im Februar/März kehrt sich dieses System um. Eine Katze bekommt ein bis fünf Junge, die die nächsten zehn Monate bei der Mutter bleiben und danach ausziehen, um ihre eigenen Territorien zu finden. Hierbei überlebt von fünf meist nur ein Junges. (Naturpark Bayerischer Wald e.V., 2005)

Besondere Merkmale des Luchses sind sein Gehör, mit dem er deutlich besser hört als ein Hund, seine Augen, die sechsmal lichtempfindlicher sind als die des Menschen sowie sein leises Auftreten, das er seinen dicht behaarten Fußballen verdankt. (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a)

Das Europäische Reh (*Capreolus capreolus*)

- Es erreicht eine Schulterhöhe von 69-75 cm.
- Es wiegt 15-30 kg.
- Weibliche Tiere sind ca. 10 % kleiner und leichter.
- Rehe werden bis zu 17 Jahre alt.

(Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a)



Abbildung 4: Europäisches Reh mit Senderhalsband

Der bevorzugte Lebensraum des Rehs sind Waldränder in Laub- und Mischwäldern mit guter Deckung. Rehe halten sich aber auch in Sumpf- und Moorgebieten sowie mitten in menschlichen Siedlungen auf. Das Reh kommt in nahezu allen landschaftlichen Regionen vor. (Trense, W., 2005)

Rehe sind während der Dämmerung und der Nacht aktiv. Sie ernähren sich von Blättern, Gräsern, Wald- und Feldfrüchten, Pilzen und Kräutern.

Das Reh ist sowohl als Einzelgänger als auch in Paaren oder kleinen Gruppen unterwegs. (Trense, W., 2005)

Besondere Merkmale der Rehe sind ihr hervorragender Geruchs- und Gehörsinn. Über den Geruch kann das Reh gute von schlechter Nahrung unterscheiden. Allerdings sieht das Reh schlecht, es ist farbenblind und verfügt über keine räumliche Wahrnehmung. Bewegungen dagegen nimmt es sehr gut wahr. (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a)

Der Rothirsch (*Cervus elaphus*)

- Er ist die größte Wildart der mitteleuropäischen Wälder.
- Der männliche Hirsch erreicht eine Schulterhöhe von 104-124 cm.
- Er wiegt 95-160 kg.
- Die Hirschkuh erreicht eine Schulterhöhe von 90-110 cm.
- Sie wiegt 55-80 kg.
- Rothirsche werden bis zu 18 Jahren alt.

(Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a)



Abbildung 5: Rothirsche, weiblich und männlich

Der bevorzugte Lebensraum von Rothirschen ist Grasland sowie offenes Waldgebiet in hügeligen bis gebirgigen Regionen.

Rothirsche sind hauptsächlich in der Dämmerung aktiv und fressen Blätter, Gräser, aber auch Zweige von Laubbäumen. (Trense, 2005)

Rothirsche zählen zu den Herdentieren, wobei die männlichen und weiblichen Tiere bis zur Brunft im Herbst nahezu das ganze Jahr getrennt leben. Ähnlich wie der Luchs markieren sie ihre Reviere.

Rothirsche sind Beutetiere für Wolf, Luchs und manchmal Braunbären.

Die Rothirschpopulationen werden weltweit als stabil eingeschätzt. (Trense, 2005)

Besondere Merkmale der Rothirsche sind der Geruchssinn, das Sehvermögen und das gute Gehör. Sie kombinieren die drei Sinne, um mögliche Gefahren zu erkennen. Probleme haben die Rothirsche mit Objekten, die sich nicht bewegen, diese nehmen sie nicht wahr. Rothirsche sind ausdauernde Läufer und sind so z.B. dem Luchs überlegen, wenn sie ihn rechtzeitig bemerken. (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200-b)

Wie bereits erwähnt, werden verschiedene Szenarien dazu dienen, die oben gestellten Fragen der Visualisierung und Analyse im zweiten Teil der Arbeit zu untersuchen. Tabelle 2 gibt Auskunft darüber, welche Tiere an den einzelnen Szenarien beteiligt sind. Die ausführliche Beschreibung der Szenarien erfolgt in Kapitel 4.

Szenario 1 Autounfall	Szenario 2 Gatteröffnung	Szenario 3 Rehböcke	Szenario 4 Milans Riss
Reh Gerda	Rothirsch Willi	Reh Holger	Luchs Milan
	Rothirsch Phillip	Reh Heinz	Unbek. Reh
	Rothirsch Fritz	Reh Hannes	
		Reh Nikolaus	

Tabelle 2: Protagonisten der Szenarien

1.3.3 Animal Tracking und die Tiere

Was versteht man unter Animal Tracking? Animal Tracking bedeutet die Beobachtung von Tieren bzw. die Verfolgung ihrer Bewegungen zum Zweck der Tierforschung. Für die technische Durchführung des Animal Tracking gibt es mehrere Methoden, die in Kapitel 3 beschrieben werden.

Der Nationalpark Bayerischer Wald hat 2005 damit begonnen Tiere mit Sendern auszustatten. Zweck der Besenderung ist die Erforschung von Großwild. Hier geht es zum einen um Verhaltensforschung im Allgemeinen. Zum anderen soll speziell die Rückkehr des Luchses in den Bayerischen Wald beobachtet werden. Er war seit Mitte des 19. Jahrhunderts aus dem bayrisch-böhmischen Grenzgebiet verschwunden und konnte erst durch die ge-

zielte Freilassung von 17 Luchsen zwischen 1982 bis 1987 in das Gebiet der Nationalparks Bayerischer Wald und Šumava wieder angesiedelt werden.

Um die Population von Rehen und Rothirschen sicherzustellen, muss der Einfluss der Luchse auf die Großwildbestände, also das Räuber-Beute-Verhältnis zwischen Luchs, Reh und Rothirsch, erforscht werden. (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200-a)

Neben Aspekten für die Forschung, kann mit den Daten auch gezielt Wissen, beispielsweise an Nationalparkbesucher, vermittelt werden. Es soll außerdem versucht werden, mit entsprechenden Informationen für mehr Toleranz für bestimmte Tierarten zu werben. Ein Beispiel hierfür könnten Waldbesitzer sein, die aufgrund von Verbiss um den Fortbestand ihres Waldes besorgt sind und vor allem für den Rothirsch wenig Begeisterung zeigen.

1.4 Nicht-Ziele

Es ist nicht das Ziel die Szenarien des Animal Tracking mit den Methoden der statischen Karten abzubilden.

Überdies ist auch die Entwicklung einer Vorgehensweise zur Aufbereitung von Rohdaten im großen Stil nicht Teil der Bearbeitung. Weiters soll keine automatische oder halbautomatische Anwendung entstehen, die aus den unaufbereiteten Rohdaten eine ansprechende Visualisierung erstellen kann.

1.5 Beabsichtigtes Publikum

Diese Master Thesis wendet sich an alle, die sich einen Überblick über Visualisierungsmethoden der dynamischen Kartographie verschaffen möchten und/oder sich dem Gebiet des Animal Tracking widmen. Dies können Wissenschaftler aber auch interessierte Laien sein.

Im Speziellen soll diese Arbeit die Mitarbeiter des Luchsprojektes des Nationalparks Bayerischer Wald ansprechen, die sich mit der Luchsforschung beschäftigen und für die besonders der zweite Teil der Arbeit – das Anwendungsbeispiel Animal Tracking – informativ sein soll.

Prinzipiell spricht der Inhalt der Arbeit alle Wissenschaftlern und vor allem Geowissenschaftler an, die sich mit Datensätzen mit Raum- und Zeitbezug

auseinandersetzen. Die fachliche Tiefe und Diktion wird entsprechend dem Zielpublikum angepasst.

1.6 Struktur der Thesis

Der Aufbau der Master Thesis sieht folgendermaßen aus. In Kapitel 1 wird ein kurzer Überblick der Arbeit gegeben. Hier werden die ersten Begrifflichkeiten und Hintergründe erklärt. Kapitel 2 befasst sich mit der Literaturrecherche zum Thema dynamische Kartographie. Dieser Teil lässt sich grob in zwei Bereiche gliedern: dynamische Kartographie in traditionellen Karten und dynamische Kartographie in Animationen. Das dritte Kapitel behandelt das Thema Animal Tracking. Neben den verschiedenen Methoden wird ein Use Case erstellt, aus dem sich spezielle Anforderungen ergeben.

Kapitel 4 setzt die in Kapitel 3 ermittelten Anforderungen zur Visualisierung und Analyse um. Kapitel 5 analysiert und bewertet die Ergebnisse, die aus Kapitel 4 resultieren. Die Zusammenfassung der Master Thesis, die Diskussion mit Anmerkungen sowie der Ausblick mit der Generalisierung der Arbeit und weiterführende Schritte werden in Kapitel 6 erörtert.

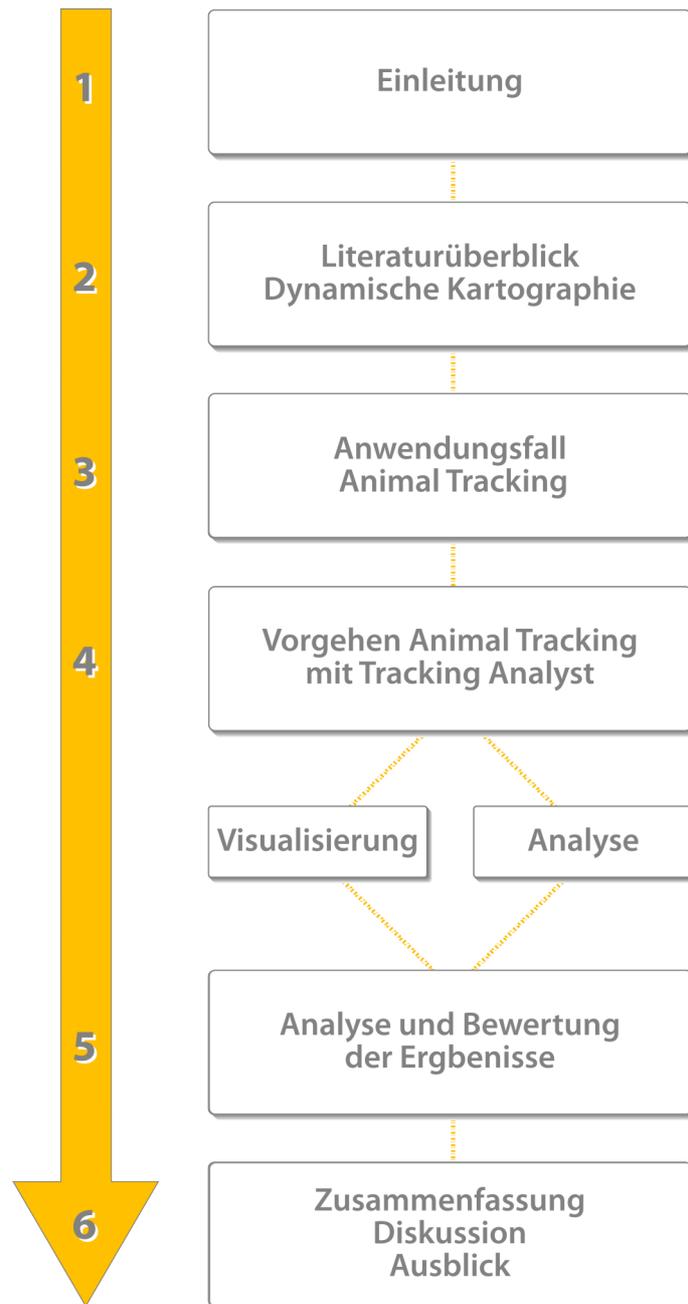


Abbildung 6: Struktur der Master Thesis

2. Dynamische Kartographie

Dieses Kapitel soll die verschiedenen Darstellungsmethoden dynamischer Prozesse in der Kartographie aufzuzeigen. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf der statischen Darstellung und der Animation.

Im Vorfeld wird allgemein auf den Begriff Zeit in Karten, auf Daten mit Raum- und Zeitbezug sowie auf die Visualisierung von zeitlichen Verläufen eingegangen.

Zunächst aber eine Definition dynamischer Karten aus dem GI-Lexikon der Universität Rostock (2001):

„Dynamische Karten zeigen räumliche Veränderungen von Objekten wie z.B. Transportvorgänge oder Vogelflüge, und vermitteln somit stetige Bewegungsabläufe. Allgemein werden unter dynamischen Phänomenen alle in der Zeit und/oder im Raum stattfindenden Veränderungen von Objekten oder Erscheinungen sowie der damit in Verbindung stehenden qualitativen und/oder quantitativen Differenzierungen verstanden. Die Wiedergabe dynamischer Phänomene ist durchaus mit Schwierigkeiten verbunden, da es nur wenig aussagekräftige Darstellungsformen gibt.“

2.1 Zeit in Karten

Der entscheidende Faktor in der dynamischen Kartographie ist die Zeit. Durch sie lassen sich Veränderungen und Prozesse sichtbar machen und gegebenenfalls Muster erkennen. Worboys und Duckham (2004) haben verschiedene Zeitstadien und ihre Eigenschaften beschrieben:

Stadium null: Statische Darstellung (Static representations)

In diesem Stadium werden Daten dargestellt, die sozusagen zeitlos sind, da die Daten zwar zu einem bestimmten Zeitpunkt aufgenommen wurden, aber ohne diese mit der Zeitinformation zu verknüpfen. Dieses Zeitstadium entspricht also einer *Momentaufnahme ohne Zeitbezug*.

Stadium eins: Der Schnappschuss (The snapshot metaphor)

Das Schnappschuss-Stadium ist *eine Anreihung von Bildern der gleichen Szene zu verschiedenen Zeiten*. Mit der Zeitmarke jeder einzelnen Szene lässt sich die Reihenfolge der abzuspielenden Bilder vorgeben. Mit dieser Methode können auch schon mit sehr wenigen Einzelbildern Veränderungen erkennbar werden, z.B. wie aus einer Kleinstadt über die Jahre eine Großstadt wird. Allerdings ist es immer noch eine statische Darstellung, in der Informationen zwischen den einzelnen Bildern fehlen. So ist beispielsweise von einem Bild zum anderen ein neuer Stadtteil hinzugekommen, die Information des Entstehungsprozesses fehlt.

Stadium zwei: Objektentwicklung (Object lifelines)

Die Einschränkungen aus Stadium eins werden in diesem Stadium teilweise berücksichtigt. Hier werden *Veränderungen eines Objektes in Zusammenhang mit anderen Objekten dargestellt*. So kann ein Zusammenspiel mit dem Objekt und seiner Umwelt dargestellt werden, aber auch die Auswirkungen anderer Objekte auf dieses Objekt. Es gibt verschiedene Arten von Veränderungen, die sich während der Entwicklung eines Objektes ergeben:

- Schaffung und Zerstörung
- Verschwinden und Wiedererscheinen
- Räumliche Veränderung: Veränderung in Form, Größe, Position
- Nicht-räumliche Veränderung: Umbenennung, Umfärbung, Umklassifizierung eines Objektes
- Attributübertragung: Übertragung von Eigenschaften von einem zum anderen Objekt
- Teilung und Verbindung
- Veränderung in der Zugehörigkeit: Beispielsweise war 1980 Brandenburg ein Teil der DDR, 10 Jahre später war es ein Bundesland der BRD.
- Typologieveränderung: Veränderung des Objektes durch Umklassifizierung.

Abbildung 7 veranschaulicht viele der möglichen Veränderungen eines Objekts.

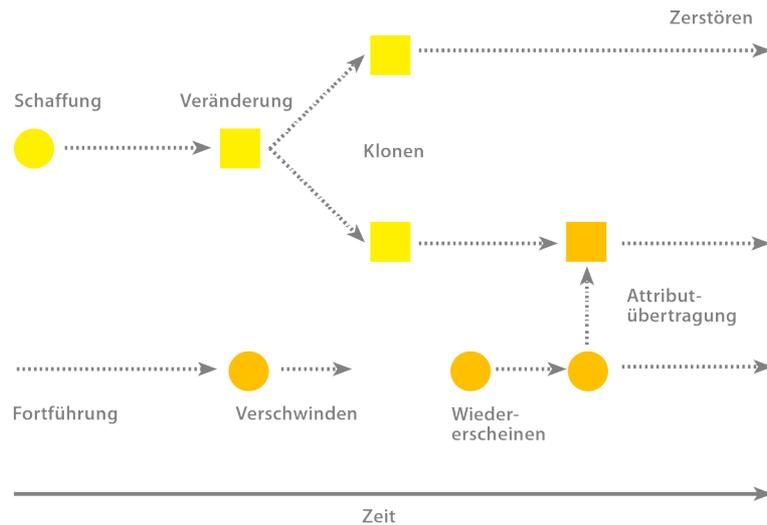


Abbildung 7: Objektentwicklung (nach Worboys & Duckham, 2004)

Stadium drei: Ereignisse, Aktionen und Prozesse (Events, actions, and processes)

In diesem Stadium können Ereignisse, Aktionen und Prozesse zu Entitäten werden. Hierbei wird zwischen Kontinuierlichem, etwas das durch die Zeit anhält, und Auftretendes, etwas das passiert oder erscheint, unterschieden. Tabelle 3 beschreibt diese Begriffe näher und unterscheidet zwischen zählbaren und nicht-zählbaren Ereignissen.

Darüber hinaus lassen sich Aktionen als Ereignisse beschreiben, die von einem Objekt oder einer Person ausgeführt werden, wie z.B. ein Unfall. Wo hingegen ein Ereignis wie ein Sturm nicht als Aktion bezeichnet wird.

	Kontinuierliches	Auftretendes
zählbar	Sache, wie z.B. ein Auto	Ereignis, wie z.B. ein Quiz
nicht zählbar	Materielles, wie z.B. Metall	Prozess, wie z.B. raten

Tabelle 3: Kontinuierliches und Auftretendes (nach Worboys & Duckham, 2004)

Diese Zeitstadien spiegeln die grobe Entwicklung der zeitlichen Darstellung von Daten mit Raum- und Zeitbezug sowie der Entwicklung von Datenmodellen und den dazugehörigen Informationssystemen wider. Laut Worboys und Duckham (2004) wird diese Entwicklung noch eine Weile anhalten und ist mit dem letzten hier aufgeführten Stadium nicht abgeschlossen.

2.2 Daten mit Raum- und Zeitbezug

Zur Visualisierung von Daten müssen diese analysiert werden, um alle enthaltenen Aspekte darstellen zu können bzw. Informationen aus der Darstellung auszuschließen – je nachdem was beabsichtigt ist.

Folgende Unterscheidungen können bestehen:

Daten mit Raumbezug

Von Daten mit Raumbezug spricht man, wenn dem Beobachtungsraum zwei- oder dreidimensionale Ortskoordinaten vorliegen. Raumbezogene Daten können nach Daten mit *punktuellem*, *lokalem* oder *globalen* Wirkungskreis eingeordnet werden. Wobei punktuelle Daten nur im Beobachtungspunkt, lokale in einem lokalen Bereich des Beobachtungsraums und globale im gesamten Beobachtungsraum gültig sind. (Tominski, et al., 2003)

Daten mit Zeitbezug

Von Daten mit Zeitbezug spricht man, wenn eine Dimension des Beobachtungsraums mit der Größe Zeit in Verbindung gebracht werden kann. Man unterscheidet dabei Daten mit *statischem*, *quasistatischem* und *dynamischem* Zeitbezug. Als statische Daten werden solche bezeichnet, die nur zu einem Zeitpunkt oder Zeitraum vorliegen. Quasistatische Daten haben mehrere diskrete, also abzählbare, Zeitangaben. Dynamische Daten dagegen weisen eine kontinuierliche Zeitachse auf. (Tominski, et al., 2003)

Daten, die Eigenschaften aus diesen beiden Datentypen aufweisen, sind entsprechend **Daten mit Raum- und Zeitbezug**.

Die Trackingdaten, die im Falle dieser Arbeit verwendet werden, zählen zu diesen und liegen als Daten mit lokalem Raum- sowie quasistatischen Zeitbezug vor. Der lokale Raumbezug ergibt sich daraus, dass keines der Tiere sich während des beobachteten Zeitraums im gesamten Beobachtungsraum aufhält, sondern nur in Teilen davon. Der quasistatische Zeitbezug ergibt sich aus den bestimmten Abständen, in denen die Sendehalsbänder Positionsangaben erzeugen. Die Zeitintervalle sind zwar zu bestimmten Zeit sehr klein, aber nicht ununterbrochen, wie dies bei einem kontinuierlichen Zeitverlauf der Fall sein müsste.

2.3 Visualisierung

Nachdem der Begriff Zeit in Zusammenhang mit kartographischer Darstellung geklärt ist und die verschiedenen Datentypen beschrieben wurden, ist nun die Visualisierung genauer zu beleuchten. Hier eine allgemeine Definition:

„Der Ausdruck Visualisierung (v. lat.: visualis zum Sehen gehörig) bezeichnet die Darstellung eines abstrakten Sachverhaltes mit optischen Mitteln.

Meist ›sagt ein Bild mehr als 1000 Worte‹. Visualisierung heißt, unstrukturierte Daten in eine angebrachte, verstehbare Form zu bringen. Dabei können Details weggelassen werden, die im Kontext vernachlässigbar sind. Daher sind visualisierte Daten auch schon immer interpretiert.

Visualisierung kann eine Datentabelle sein, eine gedruckte Grafik, ein Film oder ähnliches. Im Multimedia-Zeitalter ist meist etwas gemeint, das sich auf dem Computer darstellen lässt.“ (uni-protokolle.de, 200-)

Das GI-Lexikon der Universität Rostock (2001) drückt es, speziell auf dem geographischen Aspekt ausgerichtet, so aus:

„Geographische Visualisierung (GVis) ist eine Form der Informationsvisualisierung, die die Entwicklung und Nutzbarmachung visueller Methoden befördert. Visuelle Methoden dienen dazu, georeferenzierte Informationen zu explorieren, zu analysieren, zu synthetisieren und zu präsentieren.“

Kriterien für Visualisierungen

Um festzustellen, ob eine Visualisierung gelungen ist oder nicht, werden entsprechende Kriterien festgelegt, die bereits bei der Erstellung der Visualisierung berücksichtigt werden sollten und am Ende zur Qualitätsprüfung dienen. Es lassen sich drei Merkmale für Visualisierungen nennen: *Expressivität, Effektivität und Angemessenheit*.

Expressivität: Es sollen ausschließlich die Daten gezeigt werden, die die gewünschten Informationen enthalten.

Effektivität: Eine Visualisierung ist dann effektiv, wenn das Bild schnell und intuitiv interpretiert werden kann.

Angemessenheit: Von einer angemessenen Visualisierung spricht man, wenn der Erstellungsaufwand und Nutzen in einem guten Verhältnis stehen. (Schumann & Müller, 2000 zitiert in Tominski, et al., 2003)

Komponenten der Visualisierung

Neben den Qualitätsmerkmalen sind auch die Komponenten von Visualisierungen zur Erstellung selbiger nötig. Diese sind *das Filtering, Mapping* und *Rendering*. Wobei diese Bausteine auch in dieser Reihenfolge abgearbeitet werden müssen (siehe Abbildung 8).



Abbildung 8: Visualisierungspipeline (nach Tominski et al., 2003)

Im Filtering (Datenaufbereitung) werden die darzustellenden Daten bereinigt und dem Zweck entsprechend ausgewählt (z.B. Fehlerbereinigung, Datenminimierung).

Das Mapping (Erzeugung eines Geometriemodells) bezeichnet die eigentliche Gestaltung der Visualisierung. Dieser Arbeitsschritt übt den größten Einfluss auf die Visualisierungskriterien (siehe oben) aus.

Das Rendering (Bildgenerierung) wandelt die Visualisierung in Bilddaten um. (Tominski, et al., 2003)

Visualisierungstechniken

Ziel jeder Visualisierung ist es, die gewünschten Informationen möglichst leicht verständlich darzustellen. Dieses Ziel ist nicht immer ohne weiteres zu erreichen: Je größer die abzubildenden Datenmengen werden, desto kom-

plexer wird das zu Vermittelnde. Zur Lösung dieses Problems zählen Tominski et al., (2003) folgende Techniken auf: *Übersicht und Detail*, *Fokus und Kontext*, *Semantischer Zoom* sowie das *Information Hiding*.

Übersicht und Detail: In der Anzeigenfläche wird in separaten Bereichen eine Übersichtsdarstellung gezeigt sowie eine Detailansicht (siehe Abbildung 2).

Fokus und Kontext: auch hier wird eine Übersichts- und Detailanzeige in der Anzeigenfläche kombiniert, allerdings im gleichen Bereich. Ein Beispiel hierfür ist die Lupenfunktion, mit der gewünschte Bereiche der Übersichtsdarstellung detailliert angezeigt werden können (siehe hierzu Abbildung 12).

Semantischer Zoom: Hier wird durch Zoomen eine detailliertere bzw. reduziertere Anzeige mit entsprechend mehr oder weniger an dargestellten Daten ermöglicht.

Information Hiding: Diese Technik blendet unwichtige Bereiche aus oder stuft diese graphisch zurück, z.B. durch Farbintensität.

2.4 Statische Darstellungen

Zur Darstellung zeitlicher Verläufe in Karten, gibt es mehrere Möglichkeiten: Choroplethenkarten, Diagrammkarten, Ikonisierung, Mehrschichtige Karten, Mehrphasendarstellung, Mehrfenster-Technik und die Verwendung der dritten Dimension als Zeitachse. Diese verschiedenen Kartentypen werden im Folgenden einzeln erläutert und die Beschränkungen der statischen Darstellung dargelegt.

2.4.1 Choroplethenkarten

Die Choroplethenkarte wird auch Flächendichtekarte genannt und ist ein Kartentyp zur Abbildung von „ordinalskalierten Daten oder klassifizierten intervall- und ratioskalierten Daten mit Bezug zu zweidimensional definierten Arealen, beispielsweise administrativen Einheiten.“ (Bollmann & Koch, 2001) Durch entsprechend gefärbte, schraffierte oder gepunktete Flächen werden die verschiedenen Werte oder Klassen präsentiert und vermitteln die gewünschte Information übersichtlich und nachhaltig. Bei mehreren flächenbezogenen Daten, die in der Karte miteinander verglichen werden sollen, ist die Verwendung von Verhältniszahlen sinnvoll. Vor allem, wenn

sich die Flächen in ihrer Größe stark unterscheiden. Besondere Sorgfalt sollte bei diesem Kartentyp auf die Klassifizierung der Daten gelegt werden. Es gilt die geeignete Klassenzahl sowie die für den Zweck beste Klassifizierungsmethode auszuwählen. (Götze & van den Berg, 2003) (Auf das Thema Klassifizierung wird in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen, da es ein eigenes Kapitel verdient hätte und hier zu weit führen würde.) Das klassische Thema der Choroplethenkarte ist die Bevölkerungsdichte. Abbildung 9 zeigt ein weiteres Beispiel. Sie bildet die Bevölkerungswanderung von 2002 bis 2005 im skandinavischen Raum ab.

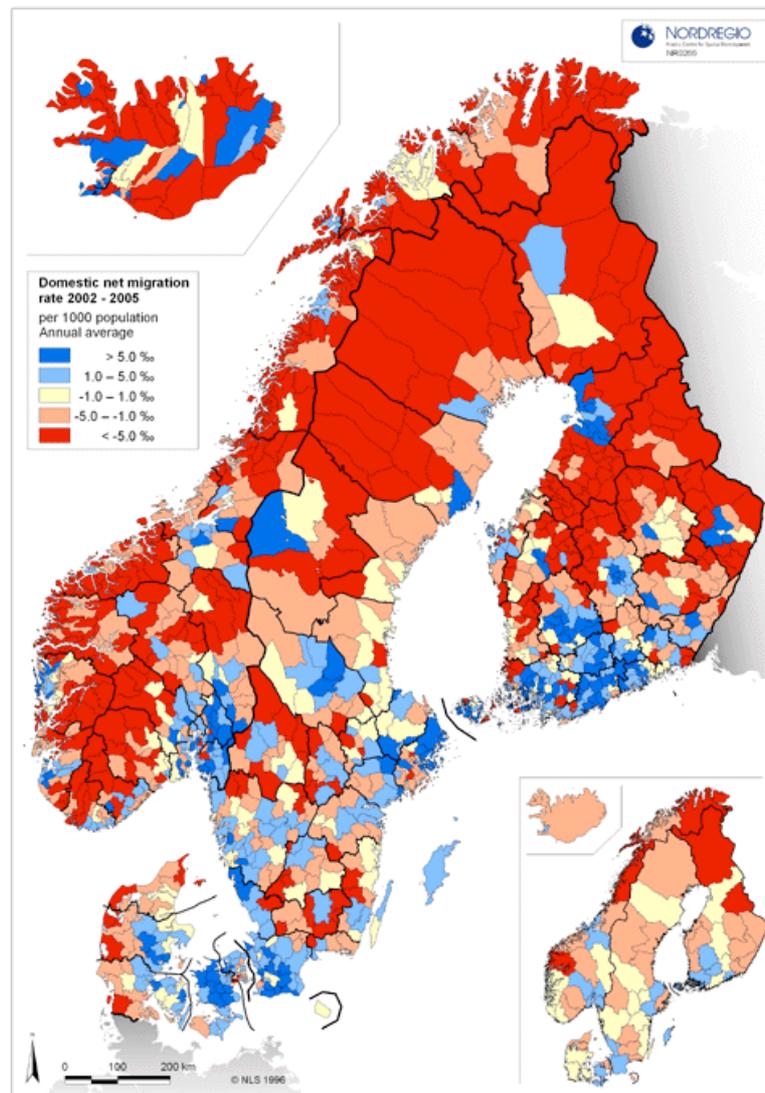


Abbildung 9: Choroplethenkarte (Nordregio, 2005)

2.4.2 Diagrammkarten

In Diagrammkarten werden quantitative, nichträumliche Daten verortet. Dies geschieht punkt- oder flächenweise, wobei es möglich ist mehrere Diagramme an einer Position zu verorten, aber auch verteilt. Je nach Kartenzweck werden Kreis-, Balken-, Kurven- oder Symboldiagramme verwendet. Abbildung 10 zeigt verschiedene Arten von Diagrammen:

- a, Stäbchendiagramm: für Strecken, Längen und eindimensionale Wertreihen
 - b, Säulendiagramm: für ein- bis zweidimensionale Wertreihen und Flächen
 - c, Kurvendiagramm (Treppenkurve, gebrochene Kurve): zur Darstellung von Zeitpunktfolgen
 - d, Flächendiagramm (meist Quadrat, Rechteck und Kreis; seltener Dreieck oder Kreisring): zur Darstellung von flächenhaften Sachverhalten und solchen, die sich auf eine Fläche bezogen werden können (Bevölkerung, Auto)
 - e, Körperdiagramme (oft Würfel und Quader; seltener Kugel, Zylinder oder Pyramide): zur Volumendarstellung
 - f, Felderdiagramm: dargestellt aus geometrischen Figuren zusammengesetzt
 - g, Gekoppeltes Flächendiagramm (aus zwei Halbkreisen, vier Kreissektoren, vier Quadranten oder zwei bis fünf Säulen): zum direkten Vergleich von zwei bis fünf Zuständen
 - h, Korrelationsdiagramm: zur Korrelation zwischen zwei bis drei Sachverhalten, von Sachverhalten und Zeit oder zwei Zeitreihen
 - i, Sternförmiges Diagramm: zur Darstellung von Richtungen, als Zeitdiagramm oder mit Sachuntergliederung ohne Richtungs- oder Zeitbezug
- (Bollmann & Koch, 2001)

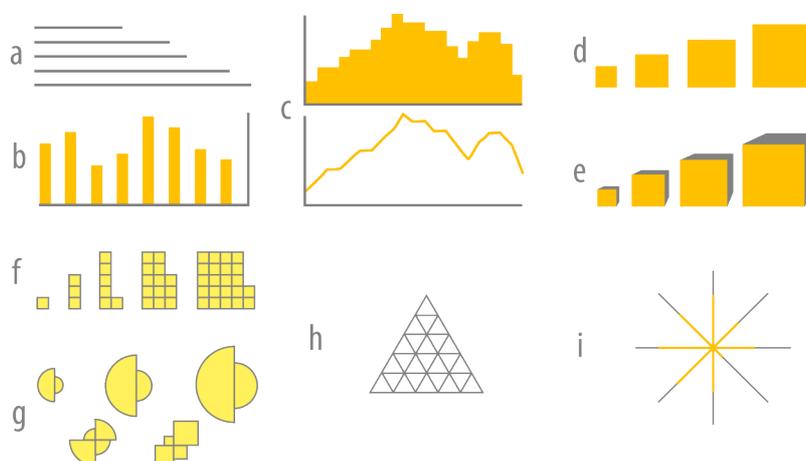


Abbildung 10: Unterschiedliche Diagrammartentypen (Bollmann & Koch, 2001)

Die Auswahl des richtigen Diagramms setzt eine genaue Analyse der Daten voraus, hängt aber auch vom Zweck der Karte ab.

„Alle diese Formen gestatten Untergliederungen, mit denen Anteile der Gesamtmenge und z. T. auch die zeitliche Entwicklung graphisch sichtbar gemacht werden können“ (Bollmann & Koch, 2001)

Abbildung 11 zeigt die mittlere Bevölkerungsveränderung in Einzugsbereichen von Pendlern zwischen 1990 und 2005 im skandinavischen Raum.

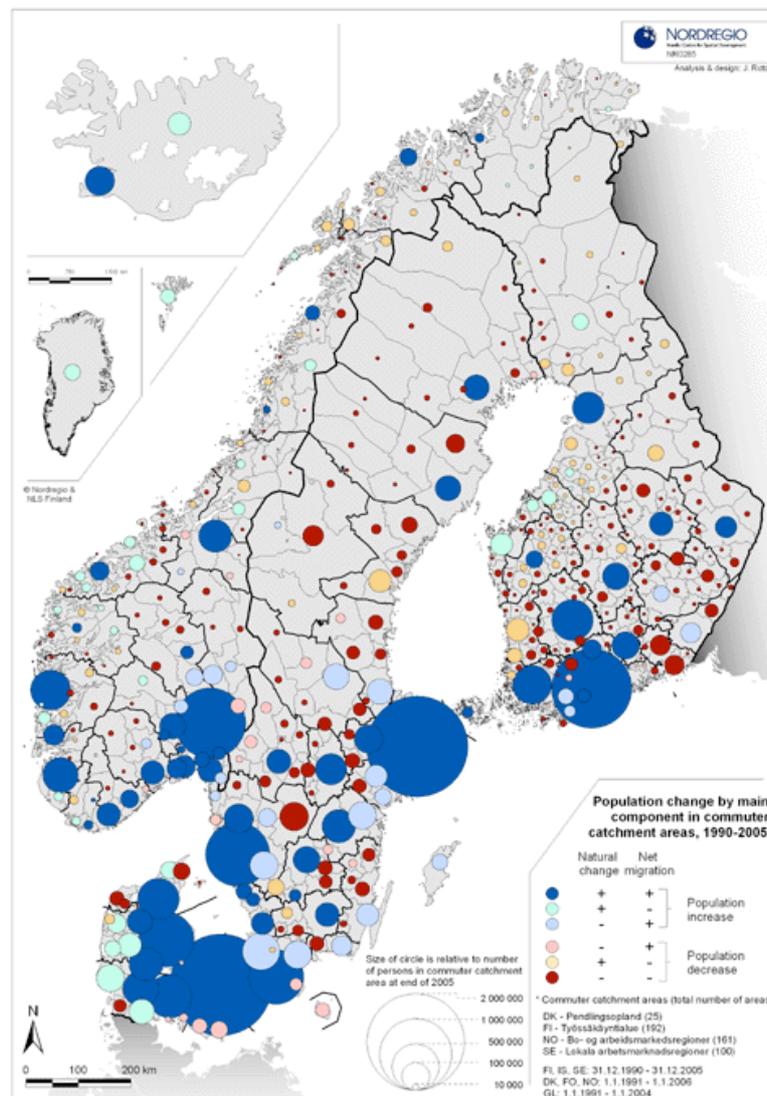


Abbildung 11: Diagrammkarte (Nordregio, 2005)

2.4.3 Ikonifizierung

Die Ikone ist ein Diagrammtyp und gehört eigentlich mit in das Kapitel 2.4.2, wird hier aber gesondert aufgeführt, da sich diese Form besonders zur Darstellung von zeitlichen Verläufen eignen.

Ikone bedeutet in der Visualisierung ein genau platzierbares graphisches Primitiv, das mehrere Merkmale in geometrischen Charakteristika, wie Winkel oder Länge bzw. in Darstellungsattributen, wie Farbton und Farbtintensität, codiert. Die Abbildungen 12 bis 14 stellen verschiedene Ikonen zur Darstellung zeitlicher Verläufe dar: ThemeRiver, Zeitrad, Maximumikone.

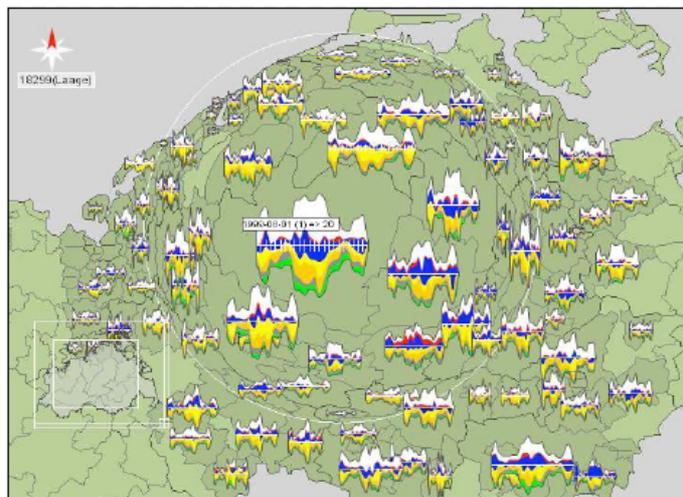


Abbildung 12: ThemeRiver-Ikonen auf Karte mit Lupeneffekt
(Tominski et al., 2003)

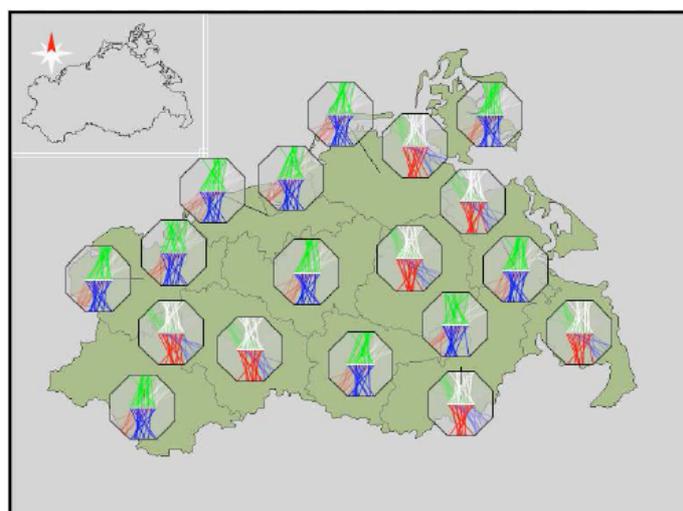


Abbildung 13: Zeitrad (Tominski et al., 2003)

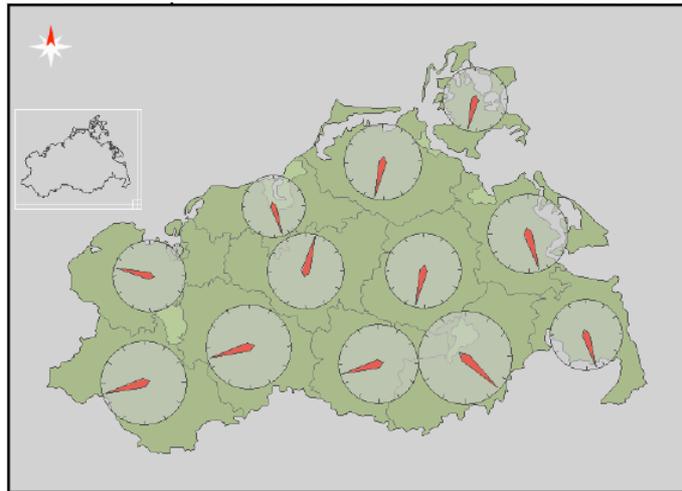


Abbildung 14: Maximumikonen (Tominski et al., 2003)

ThemeRiver: Tominski et al. (2003) verwenden diese Ikone zur Darstellung von vier Krankheitsverläufen. In der Abbildung 15 wird beschrieben, wie die ThemeRivers entstehen und zu interpretieren sind: „Die Anzahl der Krankheitsfälle wird für jede der n ausgewählten Krankheiten sowie jeden Zeitpunkt des betrachteten Zeitraums ... abgefragt. Für jeden Zeitpunkt erfolgt dann das Abtragen der Werte auf $n+1$ übereinander angeordnete Stützpunkte“ (Tominski et al., 2003) Die einzelnen Stützpunkte einer Krankheit werden miteinander verbunden und erzeugen so eine Verlaufskurve. Durch die unterschiedlichen Farbgebungen der Bereiche zwischen den Krankheiten, lassen sich diese anschließend gut unterscheiden. (Tominski et al., 2003) Abbildung 12 zeigt die Verwendung der Ikone in der Karte.

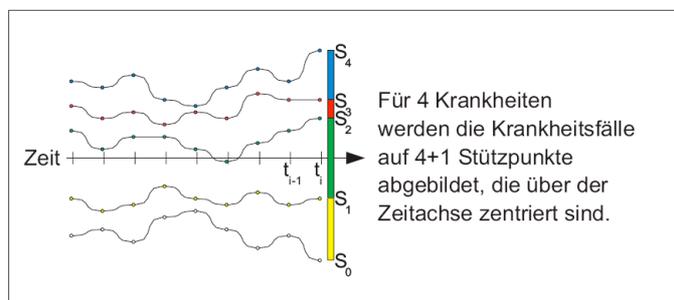


Abbildung 15: Aufbau eines ThemeRivers (Tominski et al., 2003)

Zeitrad: Im Zeitrad werden um eine zentrale Zeitachse acht Merkmalsachsen angeordnet. Die visuelle Verbindung zwischen Zeit und Merkmalen wird durch Linien zwischen Zeitobjekt auf der Zeitachse und dazugehörigen Werten auf der Merkmalsachse hergestellt. Wie in Abbildung 16 zu sehen ist, können die Daten auf den Merkmalsachsen oberhalb und unterhalb der Zeitachse gut interpretiert werden. Die vier Merkmalsachsen neben den zur Zeitachse parallel stehenden sind nur noch eingeschränkt, die übrigen beiden Merkmalsachsen gar nicht mehr auswertbar. Um diese auch vollständig nutzen zu können, besteht die Möglichkeit die Merkmalsachsen um die Zeitachse zu drehen (Rotationsbereich). Auf diese Weise lässt sich auch die bestmögliche Informationsdarstellung erreichen. Außerdem können durch Ausblenden und Herabsetzen der Farbintensität die Daten optimal hervorgehoben werden (Abbildung 16), die für die Darstellung besonders interessant sind (information hiding). (Tominski et al., 2003) Abbildung 13 zeigt das Zeitrad als Ikone auf der Karte.

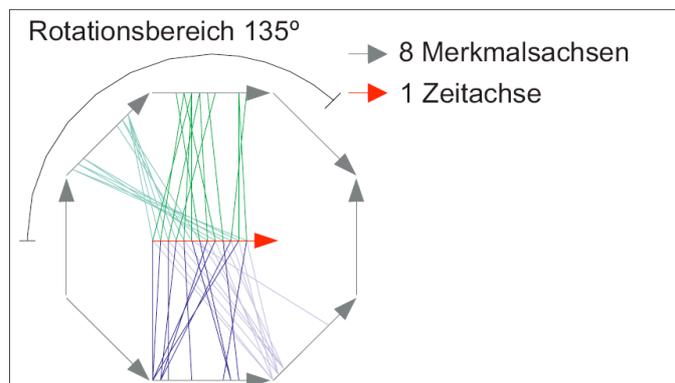


Abbildung 16: Zeitrad (Tominski et al., 2003)

Maximumikone: Die Maximumikone funktioniert prinzipiell wie eine Uhr. Die Außenlinie der Ikone entspricht der Zeitachse. Der Zeiger zeigt eine maximale Merkmalsausprägung eines Zeitobjekts auf der Zeitachse an. Diese Ikone lässt räumliche Entwicklungen erkennen, wie z.B. die Entwicklung einer Krankheit (siehe Abbildung 14). (Tominski et al., 2003)

2.4.4 Mehrschichtige Karten

Die bisher besprochenen Kartentypen sind einschichtige Karte, die sich zu mehrschichtigen Karten kombinieren lassen. "Jede Schicht trägt andere Informationen deren Verbindung zur Beschreibung komplexer Sachverhalte dienen kann." (Götze & van den Berg, 2003) Abbildung 17 zeigt eine mehrschichtige Karte kombiniert aus einer Choroplethenkarte und einer Diagrammkarte. Sie stellt den Sozialindex in Berlin im Jahre 1997 dar sowie die Entwicklung des Indexes zwischen den Jahren 1994 und 1997.

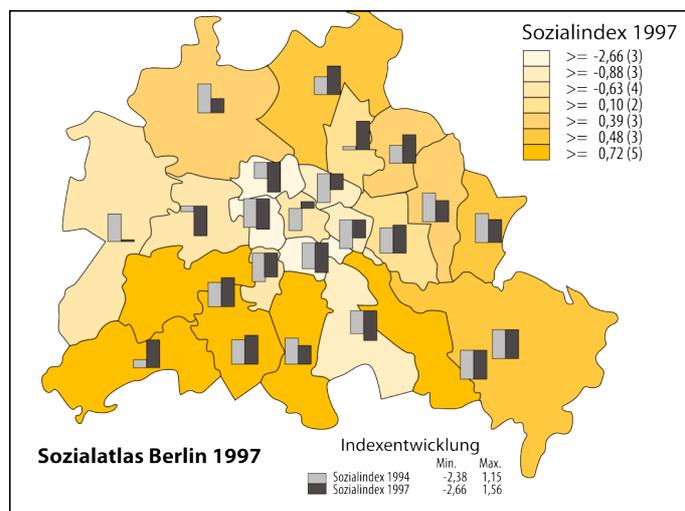


Abbildung 17: Mehrschichtige Karte
(eigener Entwurf nach Götze & van den Berg, 2003)

2.4.5 Mehrphasenkarte

Die Mehrphasenkarte stellt gleichzeitig zwei oder mehrere Zustände zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einer Karte dar. Damit diese Form der Karte leicht verständlich darzustellen ist, werden die verschiedenen Phasen unterschiedlich eingefärbt, im Optimalfall mit einer Farbfolge von dunklen nach hellen Farben. Neben den flächenhaften Objekten, wie in Abbildung 18 die Veränderung der Landfläche, können auch punktförmige Objekte (Altersfolge geschichtlicher Funde) und linienhaften Objekte (Veränderung einer Straße) dargestellt werden. (Bollmann & Koch, 2001)

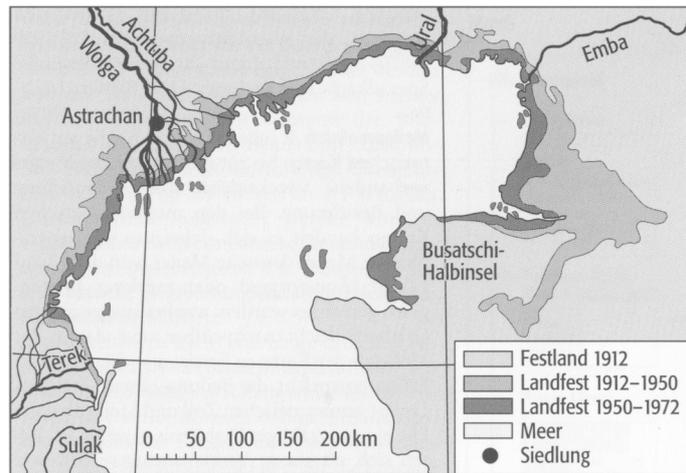


Abbildung 18: Mehrphasenkarte (Bollmann & Koch, 2001)

2.4.6 Mehrfenster-Technik

Bei der Mehrfenster-Technik wird für jeden Zeitpunkt eine Karte mit dem jeweiligen abgebildeten Zustand erstellt. Die so entstandenen Karten werden anschließend gleichzeitig auf dem Bildschirm präsentiert und machen so die Veränderung deutlich. Meist werden die Fenster chronologisch geordnet und in horizontaler Weise präsentiert. Sollen mehr Kartenfenster gezeigt werden als am Bildschirm Platz haben, so kann eine Auswahl an Karte angezeigt werden und die übrigen „verschwinden“ beiderseits in einer Filmrolle. Damit auf diese Weise der Überblick über die gesamten Daten nicht verloren geht, besteht die Möglichkeit, Fenster außerhalb der Auswahl kleiner darzustellen und so alle Kartenfenster im Blick zu haben. (Siehe hierzu auch Abbildung 19) Diese Technik eignet sich insbesondere für Daten mit quasistatischen Zeitbezug und weniger Zeitpunkte. (Tominski et al., 2003)

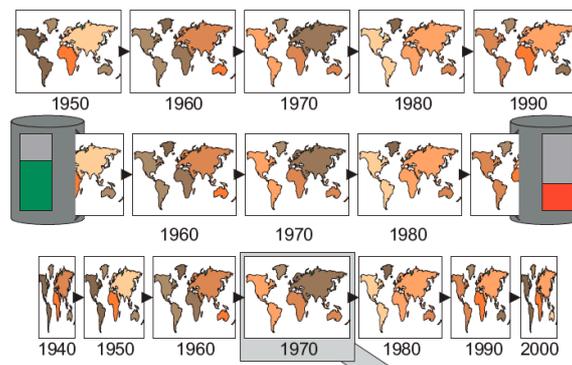


Abbildung 19: Mehrfenster-Technik (Tominski et al., 2003)

2.4.7 Verwendung der 3. Dimension als Zeitachse

Wird die Visualisierung im dreidimensionalen Raum erstellt, so kann man die Zeit auf der z-Achse darstellen. Hierzu werden Zeitpunkte eines bestimmten Zeitraums auf Punkte oder Intervalle der z-Achse abgebildet.

Auf diesem Konzept beruhen die drei Darstellungsformen Lexis Pencil, Helices und die Maximalanalyse, welche im Folgenden beschrieben werden.

Lexis Pencil

Bei den Lexis Pencils handelt es sich um buntstiftartige geometrische Objekte, die bei Francis und Pritchard (1997) beschrieben sind. Abbildung 20 oben zeigt, wie auf den Seiten des Lexis Pencil mehrere zeitabhängige Merkmale abgebildet werden können. Die Spitze des „Stifts“ lässt eine genaue Platzierung in der Karte zu, die senkrecht über dem Bezugspunkt geschieht. (Abbildung 20 unten) Sind viele Beobachtungspunkte mit einem Lexis Pencil in der Karte zu versehen, wird die Darstellung schnell unübersichtlich, da sich die Pencils gegenseitig verdecken können. Wobei die Möglichkeit besteht, einen interaktiven Fokus auf einen bestimmten Pencil zu legen, aber trotzdem den Überblick über die Gesamtdatenlage zu behalten. Die Darstellungsform der Lexis Pencils ermöglicht das Auffinden von Korrelationen in den Daten. Voraussetzung hierfür ist eine entsprechende Vorberechnung, um eine günstige Merkmalsanordnung auf den Pencil zu erhalten, welche die Korrelationen leichter sichtbar machen. (Tominski et al., 2003)

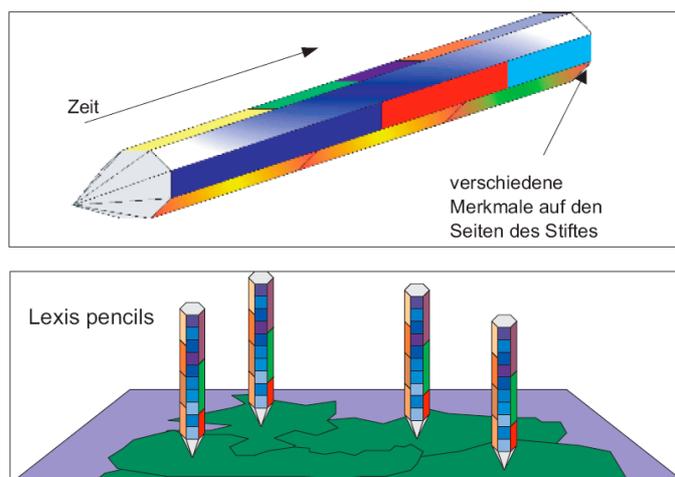


Abbildung 20: Lexis Pencil, oben: Aufbau, unten: Platzierung über der Karte

(Tominski et al., 2003)

Helices

Helices - zu Deutsch Helixe – bilden zeitabhängige Daten auf einer Spirale bzw. auf einem schmalen Band ab. Auch hier werden mehrere Daten auf einer Helix abgebildet, die verschiedenfarbig nacheinander auf den Band dargestellt werden. Wie Abbildung 21 veranschaulicht, können die Helixe senkrecht über der Karte platziert werden. „Die Helixform bedingt, dass während der Visualisierung keine volle Zyklen sichtbar sind. Es ist sinnvoll, zusätzlich zur Darstellung der Helixe einen ausgewählten Teilbereich als Spiraldarstellung auf der Karte zu projizieren, um diese Nachteile zu minimieren.“ (Tominski et al., 2003)

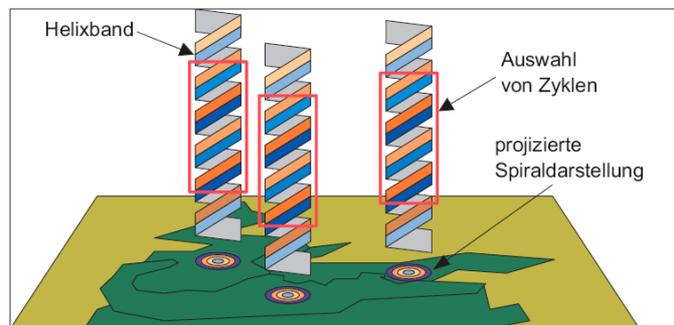


Abbildung 21: Helixe mit Spiraldarstellung (Tominski et al., 2003)

Maximalanalyse

Diese Darstellungsform wird gewählt, wenn aus der gesamten Datenmenge nur die Maximalwerte zeitlicher Verläufe gezeigt werden sollen. Dabei wird zuerst über jeden Beobachtungspunkt eine zur Karte senkrecht stehende Achse erzeugt, die alle einheitlich skaliert sind. Dann werden die Beobachtungspunkte mit maximaler Merkmalsausprägung für jeden Zeitpunkt des betrachteten Zeitraums ermittelt und auf der jeweiligen Zeitachse markiert (in der Abbildung 22 rot dargestellt). Alle anderen Zeitpunkte werden in abgeschwächter Form (in der Abbildung durchsichtige Kugeln) ebenfalls abgebildet. Zur besseren räumlichen Analyse können die Maximalwerte zusätzlich mit Linien verbunden werden. Diese Form lässt erkennen, ob und wann ein Maximum vorliegt. (Tominski et al., 2003)

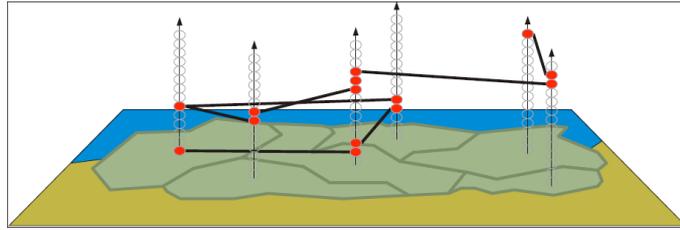


Abbildung 22: Maximalanalyse (Tominski et al., 2003)

Wahl des richtigen Kartentyps

Welche Karte wann verwendet wird, hängt von den abzubildenden Zeitintervallen ab:

Bei weniger als 6 Zeitintervallen:

Hierfür ist die Choroplethenkarte geeignet, wobei jedes Intervall in einer eigenen Karte dargestellt wird. Durch eine Verkleinerung der einzelnen Karten, können diese in einem Überblick zusammen abgebildet werden (Mehrfenster-Technik).

Bei bis zu 10 Zeitintervallen:

Für diese Variante gibt es zwei Möglichkeiten. Zum einen die Darstellung mittels Diagrammkarten mit farblich abgestuften Balken und/oder markierten Polygonen. Zum anderen kann eine Kombination aus Choroplethenkarte und Diagrammkarte, also einer mehrschichtigen Karte, verwendet werden.

Bei 2 Zeitintervallen:

Hierfür kann zwischen einer Choroplethenkarte oder Diagrammkarte gewählt werden.

Bei mehr als 10 Zeitintervallen:

Bei mehr als 10 Intervallen ist eine statische Darstellung nicht mehr zu empfehlen. Hier sollte besser eine Anzeige als Bildsequenz angewandt werden. (Olbrich et al., 1996 aus Götze & van den Berg, 2003)

Grenzen der statischen Darstellung

Die in diesem Unterkapitel beschriebenen statischen Darstellungsformen zeigen eine gewisse Vielfalt an Möglichkeiten auf. Allerdings beschreibt Dransch (1994) auch Beschränkungen der traditionellen kartographischen Darstellung. So zählt sie vier Eigenschaften von Karten auf, die diese Beschränkungen ausmachen: statischer Charakter, isolierender Charakter, selektiver Charakter und passiver Charakter.

Der **statische Charakter** beschränkt die Darstellungen insofern, dass hier nur Raumzustände gezeigt werden können, die Wiedergabe eines Zeitablaufs ist nicht möglich. „Die Schwierigkeit, Zustandsänderungen zu zeigen, hat dazu geführt, dass die Zeitkomponente in kartographischen Darstellungen vielfach nicht weitergegeben wird.“ (Dransch, 1994) Ein weiterer Nachteil des Statischen ist, dass Zustände nur Momentaufnahmen sind, die ein unvollständiges und nicht selten ein falsches Bild vermitteln. Es gelingt nicht die Dynamik der Veränderungen abzubilden.

Der **isolierende Charakter** ergibt sich daraus, dass jedes Geoobjekt entsprechend seiner Geometrie (Punkt, Linie, Fläche), seiner Lage und seiner Attribute durch ein graphisches Zeichen in der Karte verortet werden muss. Das Problem hierbei ist, dass immer nur ein Objekt unter einem bestimmten Aspekt dargestellt wird, also die Gesamtheit der Erscheinungen an dieser Stelle nicht gezeigt werden kann, ohne die Karte unlesbar zu machen. „Dies hat zur Folge, dass das Gesamtsystem im kartographischen Modell auf einzelne Objekte und einzelne räumliche, kausale oder funktionale Beziehungen reduziert wird und die Systemzusammenhänge aufgelöst werden. Damit ist jedoch die Betrachtung und Analyse des gesamten Wirkungsgefüges nicht mehr möglich.“ (Dransch, 1994)

Der **selektive Charakter** beschreibt die subjektive Auswahl der in der Karte dargestellten Daten, die durch die verschiedenen Teilprozesse der Kartenerstellung (Auswahl der Daten, des Maßstabs, der geometrischen und inhaltlichen Generalisierung, Klassifizierung und der graphischen Gestaltung) durch den Autor getroffen werden. Das Ergebnis ist kein absolutes Modell sondern ein mögliches, das durch die Entscheidungen des Kartographen geprägt ist.

Der **passive Charakter** ergibt sich aus der Tatsache, dass traditionelle Karten nicht interaktiv sind, also nicht vom Nutzer nutzerorientiert gestaltet

werden können. Diese Beschränkung besteht, weil für den Kartenautor immer nur ein Nutzertyp für die zu erstellende Karte berücksichtigen werden kann. Es müssten also für jeden Nutzer eine eigene Karte erzeugt werden. Allerdings ist dieses Vorgehen nicht durchführbar, da der Autor nicht alle Bedürfnisse der einzelnen Nutzer kennen kann. (Dransch, 1994)

„Die genannten Beschränkungen traditioneller kartographischer Darstellungen lassen sich auf das Medium der Karte, das Papier, und die damit verbundenen Zeichen- und Reproduktionstechniken zurückführen.“ (Dransch, 1994) Durch einen Wechsel des Medium und der dazugehörigen Techniken, können die Beschränkungen aufgehoben werden.

Ein neues Medium für Karten ist der Computer und die dazugehörige Technik heißt Animation.

2.5 Dynamische Darstellung (Animation)

Was ist eine Animation? Im Lexikon der Kartographie von Bollmann und Koch (2001) steht hierzu folgendes: „**Animation**, von lat. animare = beleben, bedeutet im Bereich der Graphik die Erzeugung belebter Bilder. Sie entstehen dadurch, dass aufeinander folgende Bilder derart variiert werden, dass bei schneller Betrachtung (24 bis 30 Bilder pro Sekunde) eine fließende Bewegung oder stufenlose Veränderung von Objekten sichtbar wird. Das Prinzip der Animation basiert auf perzeptiven Vorgängen. Das menschliche Auge sieht eine schnell ablaufende Sequenz leicht variierender Bilder nicht als Einzelbild, sondern als ein zusammenhängendes Ganzes, in dem eine kontinuierliche Veränderung abläuft. Animationen können manuell durch das Zeichnen und Abfilmen der Bilder als Zeichentrickfilm oder computerbasiert als Computeranimation erzeugt werden. Sie werden entsprechend der Dimension der Graphik in 2D- und 3D-Animationen unterschieden. Animation ist allerdings nicht mit visueller Simulation gleichzusetzen. In einer Simulation wird Animation zur Visualisierung der parametergesteuerten Simulationsmodelle herangezogen.“

Weiter steht dort: „**Computeranimation**, ... eine vollständig am Computer generierte Animation. Dabei werden sowohl die einzelnen Bilder als auch die

gesamte Animationssequenz am Computer erzeugt. Computeranimationen können im Gegensatz zum traditionellen Trickfilm vom Nutzer interaktiv manipuliert werden. Computeranimationen werden aus verschiedenen Animationsobjekten aufgebaut: den Graphikobjekten, der Kamera und der Lichtquelle. Die Graphikobjekte sind die Träger der Information. Die Kamera legt den Betrachtungsstandpunkt und Betrachtungswinkel fest, die Lichtquelle gibt den Graphikobjekten ein photorealistisches Aussehen. Die Animationsobjekte sind durch Merkmale (Parameter) beschrieben, die sich in der Animation verändern (z.B. Form oder Farbe eines Graphikobjekts, Standpunkt der Kamera, Helligkeit der Lichtquelle). ... Computeranimationen werden u.a. in der kartographischen Animation und wissenschaftlichen Visualisierungen eingesetzt.“

Animationen werden auch dazu verwendet, um einen Einblick in die Daten und ihre Struktur zu erhalten, damit dann Muster oder Anomalien erkannt werden können. Dieses Vorgehen nennt sich Exploratory Data Analysis (EDA) und eignet sich zur Analyse sehr großer Datenmengen mit multidimensionalen Daten oder Zeitreihendaten. (Dransch, 1994)

Neben der Animation und der Computeranimation können auch noch zwei Formen der kartographischen Animation unterschieden werden: die temporale und nontemporale Animation.

Die **temporale Animation** nutzt das zusätzliche Ausdrucksmittel der Präsentationszeit, die dazu verwendet werden kann, um reale Zeit und somit raumbezogene Prozesse abzubilden (z.B. Hangrutschung, Bevölkerungsentwicklung, Ozonbelastung).

In der **nontemporalen Animation** wird die Zeit dazu eingesetzt, um Daten eines Zeitpunktes in variierender Datenaufbereitung (z.B. Ändern der Klassenanzahl) oder in variierenden graphischen Darstellungen (z.B. Transformation von 2D in eine perspektivische Darstellung) zu zeigen. Beispiele für die nontemporale Animation sind Überflüge. Wobei die Grenzen zwischen temporaler und nontemporaler Animation nicht immer scharf sind, so braucht das Flugzeug auch eine bestimmte Zeit für den animierten Überflug. (Dransch, 2000)

Im Folgenden werden die Animationskomponenten, die Animationserstellung und anschließend die verschiedenen Animationsmethoden vorgestellt.

2.5.1 Animationskomponenten

Animationen bestehen aus mehreren Bausteinen, den Animationskomponenten: Animationsobjekte, Szenen, Sequenzen, Veränderungen und Ton.

Animationsobjekte, bestehend aus Graphikobjekten, Kamera und Lichtquelle sind die Grundelemente der Animation und dienen zur Visualisierung auf dem Bildschirm. Die Aufgaben der Animationsobjekte wurden bereits in der Definition zur Computeranimation oben gegeben. Zusammenfassend kann man sagen, dass sie den Bildausschnitt, den Maßstab und die Perspektive der Animation bestimmen.

Szenen, oder auch Frames genannt, vereinen die Kompositionen von Animationsobjekten zu einem Gesamtbild. Die Szene entsteht also durch eine Vielzahl von Graphikobjekten. Dabei werden in Animationen bestimmte Szenen als Schlüsselszenen (so genannte keyframes) definiert, die das Grundgerüst für die Animationssequenz sowie die grobe Handlung der Animation wiedergeben. Die restlichen Szenen (inbetweens) werden aus den Schlüsselszenen abgeleitet.

Sequenzen setzen sich aus einer Folge von variierenden Szenen zusammen, wobei zu einer Sequenz alle Szenen einer bestimmten Aktion in der Animation zusammengefasst werden. Eine Animation besteht also aus so vielen Sequenzen, wie sie Aktionen festgelegt hat. Die Bildübergänge (transitions) zwischen diesen Sequenzen können mittels klarem Schnitt oder Überblendungen gestaltet werden.

Veränderungen zeigen die Unterschiede, die zwischen den Szenen auftreten können sich auf alle drei Animationsobjekte beziehen. Die Veränderungen können beispielsweise durch Zeitreihendaten, eine Simulation oder durch Parameteränderungen in der Datenaufbereitung bzw. der graphischen Präsentation bestimmt werden.

Der **Ton** ergänzt das Visuelle der Animation durch Audio oder Soundtracks und ist ein wesentlicher Bestandteil zur Informationsübermittlung in einer Animation. Durch die Fülle an Informationen in einer Animation, kann der Betrachter schnell überfordert sein. Zusätzliche Erklärungen stehen meist am Rand der Animation. Diese können in der Kombination mit der laufenden Animation oft nicht richtig wahrgenommen werden. Diese Situation kann beispielsweise durch erklärenden Ton für den Betrachter erleichtert werden. Der

Ton kann zur Illustration, Interpretation und Kommentierung, Lenkung der Wahrnehmung und zur Erregung der Aufmerksamkeit verwendet werden. (Dransch, 2000)

2.5.2 Animationserstellung

Die Erstellung von Animationen besteht aus mehreren Arbeitsschritten, wie sie in Abbildung 23 aufgezeigt sind. Die Erstellung kann in zwei große Blöcke aufgeteilt werden, die **Konzeption** und die **Animationserzeugung**. In der Konzeption werden grundlegende thematische und gestalterische Zielrichtungen der Animation definiert. In dieser Phase werden Inhalt, Struktur, Gestaltung sowie der Soundtrack entworfen und festgelegt. Vor der Konzeption müssen die Fragen des Themas, die Funktionen und die Zielgruppe beantwortet werden. Inhalt und Struktur der Animation werden in einem Exposé festgehalten. Ist dieser Schritt erfolgt, werden die Sequenzen und Schlüsselszenen festgelegt, sie bilden das Gerüst der Animation. Im Folgenden kann die geometrische, graphische und kinematographische Gestaltung der Animationsobjekte bestimmt werden. Dafür werden die statischen und dynamischen Animationsobjekte und deren Gestaltung festgelegt. Abschließend wird der zeitliche Ablauf der Animation definiert. Parallel zu diesen Arbeitsschritten wird der Soundtrack bestimmt. D.h., Dialoge und musikalische Begleitung werden mit dem Inhalt der Animation abgestimmt. Am Ende der Konzeption steht das Storyboard (Drehbuch) für die Animation.

Die Animation wird auf Basis des Konzeptes erzeugt und lässt sich wiederum in Arbeitsschritte zerlegen: Modellierung der Animationsobjekte und Szenen, Festlegen von Veränderungsvorschriften, Berechnung der Animation. (siehe Abbildung 23) Begonnen wird mit der Modellierung der Animationsobjekte und Szenen, wobei hier die Eigenschaften der äußeren Form, Farbe und Position beschrieben werden. Modelliert werden die Animationsobjekte der Schlüsselszenen. Anschließend werden die einzelnen Graphikobjekte (geometrische und graphische Modellierung), die Kamera (Position, Distanz, Neigungs- und Richtungswinkel) und die Lichtquelle (Beleuchtungsmodell) modelliert.

Nachdem alle Animationsobjekte modelliert sind, können diesen Veränderungsvorschriften zugewiesen werden. Veränderungen können sich auf alle Komponenten der Animationsobjekte und deren Parameter beziehen.

Am Schluss folgt die Berechnung und Ausgabe der Animation, die mittels verschiedener Animationstechniken aus den Schlüsselszenen und den Veränderungsvorschriften generiert wird. Die *Keyframe-Animation* verwendet die Schlüsselszenen als Hauptphasen, die dazwischenliegenden Szenen werden automatisch interpoliert. Hierbei können die berechneten Bilder der Keyframes (bildbasiert Keyframe-Animation) oder die Parameter der Graphikobjekte der einzelnen Keyframes (parametrische Keyframe-Animation) interpoliert werden.

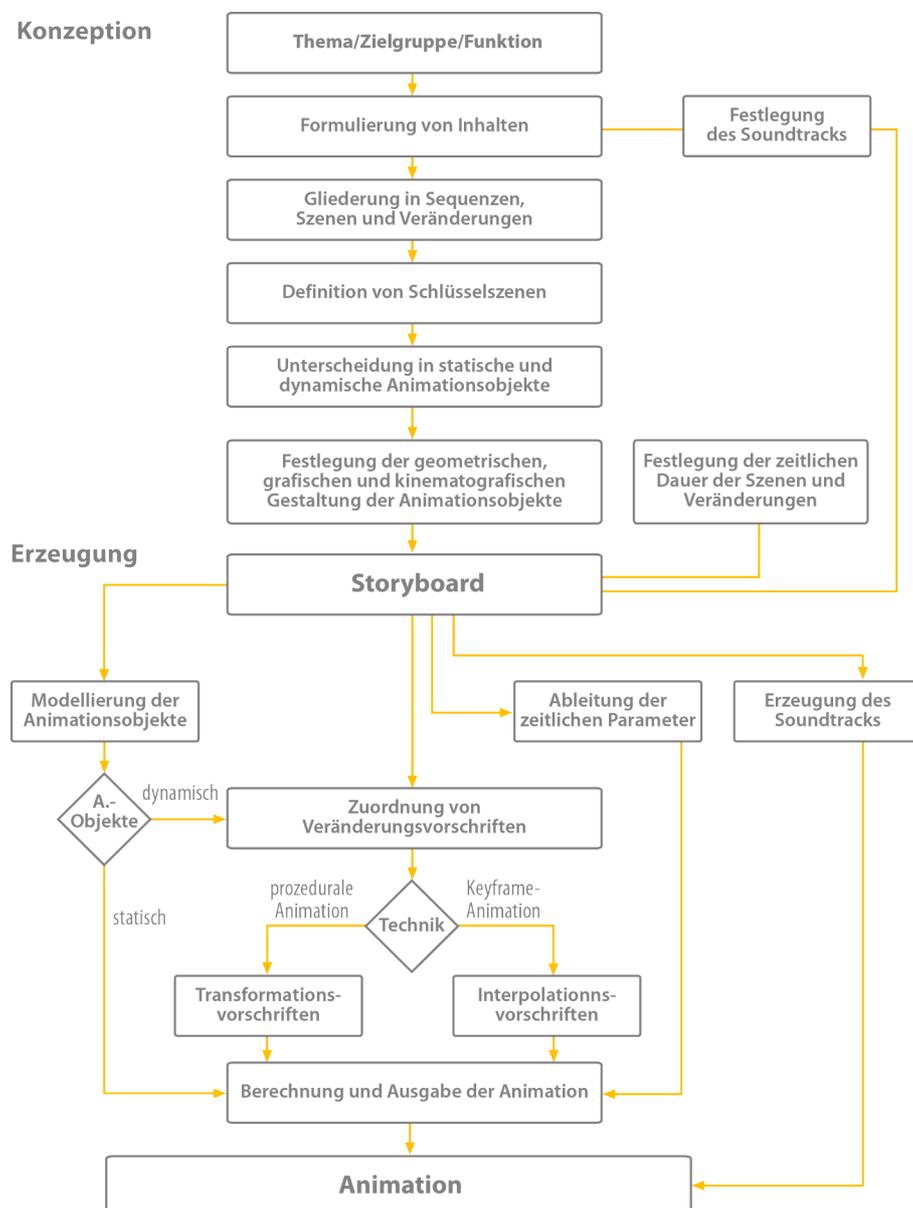


Abbildung 23: Schema des Animationsprozesses (Dransch, 2000)

Die *prozedurale* oder *algorithmische Animationstechnik* erzeugt die Veränderungen algorithmisch über eine Liste von Transformationen, wobei jede Transformation über Parameter spezifiziert wird (z.B. Rotationswinkel). (Dransch, 2000)

2.5.3 Animationsmethoden

Zur Animationserstellung stehen mehrere Methoden zur Verfügung, die in Abbildung 24 abgebildet sind und im Folgenden kurz beschrieben werden.

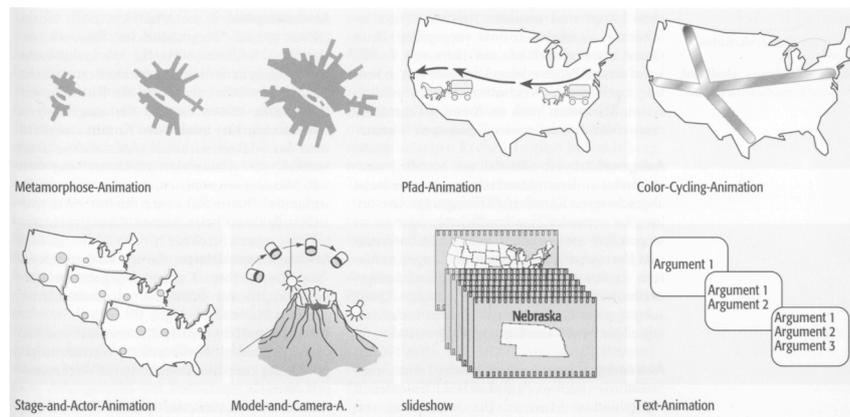


Abbildung 24: Animationsmethoden (Bollmann & Koch, 2001)

Metamorphose (Morphing)

Die Metamorphose überführt eine Ausgangsform eines Objekts in eine Zielform.

Pfad-Animation

Die Pfad-Animation bewegt ein Objekt entlang eines definierten Pfades.

Farbwellenanimation (Color-Cycling-Animation)

Die Farbwellenanimation erzeugt gerichtete, fließende Farbwellen zur Verdeutlichung einer Bewegungsrichtung.

Darsteller-Animation (Stage-and-Actor-Animation)

In einer Darsteller-Animation können die Animationsobjekte (Darsteller) nach bestimmten Handlungsskripten „dirigiert“ werden.

Kamera-Animation (Model-and-Camera-Animation)

Die Kamera-Animation erzeugt dreidimensionale Animationen mit variabler Kameraeinstellung und Lichtquelle.

Diaschau (slideshow)

In der Diaschau wird eine Folge von inhaltlich miteinander in Beziehung stehender Einzelszenen nach einer festgelegten Reihenfolge abgespielt.

Text-Animation

Die Text-Animation erzeugt einen dynamisch präsentierten Text.

(Dransch, 2000)

Für die Umsetzung der Animationen für das Animal Tracking kommt die Pfad-Animation am ehesten in Frage. Allerdings in abgewandelter Form, denn die Bewegungen wurden nicht vorher durch den Bearbeiter definiert sondern ergeben sich durch die Bewegungen der Tiere, eine Steuerung durch den Bearbeiter ist also nicht möglich.

Mit dem Ende dieses Kapitels schließt auch der erste Teil der Aufgabenstellung – die Überblicksarbeit über Visualisierungsmethoden der dynamischen Kartographie - ab. Die folgenden Kapitel besprechen den zweiten Aufgabenteil. Nämlich die praktische Umsetzung der Visualisierungsmethoden unter Zuhilfenahme des Anwendungsfalls Animal Tracking und der Softwareerweiterung *ArcGIS Tracking Analyst*.

3. Anwendungsfall

Anwendungsfälle für die dynamische Kartographie sind vielfältig, vor allem gilt das für die Animation. Wie in der Einleitung erwähnt, können dies die Bereiche Umwelt, Transportwesen, sozialwirtschaftliche und demographische Anwendungen, Gesundheitswesen und Epidemiologie, Multimedia, Regierungsverwaltung sowie der Bereich der Verteidigung sein. (Worboys & Duckham, 2004) Darüber hinaus finden Animationen in der Archäologie und Geschichte (historische Entwicklungen) und des Katastrophenschutzes (Umweltsimulationen) oder des Tracking (im Transportwesen oder in der Biologie) Verwendung.

Letzteres, im Speziellen das Animal Tracking, dient im zweiten Teil der Aufgabenstellung als Anwendungsfall und wird im Folgenden beschrieben. Nach einer allgemeinen Beschreibung werden die Methoden und Techniken des

Animal Tracking dargelegt. Anschließend wird auf Basis des Animal Tracking ein Use-Case-Diagramm vorgestellt, aus welchem die Anforderungen für die Umsetzung der Visualisierung und Analyse mit der Softwareerweiterung *ArcGIS Tracking Analyst* abgeleitet werden.

3.1 Animal Tracking

Zur Erforschung vieler Tierarten und zum Auffinden von Tieren wird das Animal Tracking zu Land, Wasser und Luft eingesetzt. Hierbei können (abhängig von der eingesetzten Methode) neben der Position der Tiere auch die Zeitinformation, Beschleunigung, Herzfrequenz sowie der Druck bei Höhenunterschieden erfasst werden (Butler, 2007). Für die Übermittlung der Informationen sorgt ein Sender, der am Körper des Tieres befestigt wird (z.B. an einem Halsband oder einem Fußring). Mit den gelieferten Werten ist es Forschern möglich, wertvolle Informationen über das Verhalten der beobachteten Tiere zu erhalten. Eine Auswahl an Methoden des Animal Tracking zeigt wie diese Daten gewonnen werden. Die Vorstellung *aller* wird in dieser Arbeit nicht erfüllt, da dies keinen Mehrgewinn für die Aufgabenstellung darstellt. Die ersten vier hier beschriebenen Methoden werden im Nationalpark Bayerischer Wald praktiziert und geben Aufschluss über die Gewinnung der Daten, mit denen in Kapitel 4 teilweise gearbeitet wird. Die letzte Methode (Solar Geolocation) wird zusätzlich kurz vorgestellt, da sie aufgrund ihres Konzeptes erwähnenswert ist.

GPS-GSM-Telemetrie

Bei der GPS-GSM-Telemetrie wird den Tieren ein Sendehalsband angelegt (Abbildung 25), das zur Positionsbestimmung via Global Positioning System (GPS) in bestimmten Abständen einen Kontakt zu mindestens drei Satelliten herzustellen versucht.

Über dieses System ist es den Nationalparkmitarbeitern auch möglich, das Halsband fernzusteuern, um z.B. die Zeitintervalle der Messungen zu ändern. Außerdem kann auf diesem Wege das Halsband über eine Drop-off-Technik zu jeder Zeit vom Tier gelöst werden. Diese Möglichkeit dient nicht nur dem Schutz des Tieres, da es zu Entfernung des Halsbandes keine Betäubung benötigt, sondern auch der Datengewinnung.



Abbildung 25: links: Besenderung eines Rehs, rechts: diverse Sendehalsbänder (beide Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200- a)

Denn Aktivitätsdaten und die Temperatur werden im Halsband alle fünf Minuten auf einem integrierten Chip (Store-on-Board-Technik) gespeichert und können erst nach Abspaltung des Halsbandes ausgelesen werden. Die Drop-off-Technik kann bisher nur am Rothirsch praktiziert werden, da das nötige Halsbandelement für die anderen Tiere zu schwer ist. (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a) Die in dieser Arbeit verwendeten Daten wurden über die Methode der GPS-GSM-Telemetrie gewonnen.

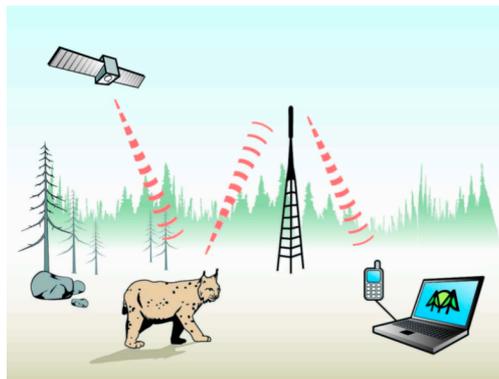


Abbildung 26: Prinzip der GPS-GSM-Telemetrie (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a)

Radiotelemetrie

Die sehr aufwendige Methode der Radiotelemetrie wird angewandt, um abgelöste Sendehalsbänder aufzuspüren oder um Tiere zu finden, deren GPS-Modul ausgefallen ist und neu besendert werden sollen.

Der im Halsband eingebaute VHF-Sender (Very High Frequency) sendet auf eine eigens vergebene Frequenz ein Funksignal, das mit Hilfe einer Yagi-Antenne sowie einem Empfänger gehört werden kann. Hört man ein Signal eines Tieres, kann über die Lautstärke die genaue Richtung ermittelt werden, in der sich das Tier aufhält. Diese wird dann mittels Kompass auf einer Karte als Linie eingezeichnet. Da man aber auf diesem Wege keine Information über die Entfernung zum Tier bekommt, muss die eigene Position so verändert werden, dass die nächste Richtungsmessung die erste möglichst im rechten Winkel kreuzt. Meistens wird aber mindestens eine dritte Messung nötig, um durch die erneuten Richtungseintragungen in die Karte ein Dreieck zu erhalten, das den Aufenthaltsgebiet des Tieres eingrenzt. Abbildung 27 zeigt eine solche Eintragung in einer Karte. Dieses Verfahren wird als Triangulation bezeichnet. (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- b)



**Abbildung 27: Aufenthaltsgebiet des Tieres (markiertes Dreieck) auf einer Karte
(Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200- b)**

Fotofallen

Fotofallen werden in einem Raster von circa 3 km im Untersuchungsgebiet aufgestellt. Jeder Fotofallenstandort besteht dabei aus zwei gegenüberstehenden Kameras, die über einen Bewegungsmelder mit Wärmesensor ausgelöst werden. Im Falle des Nationalparks Bayerischer Wald dient diese Technik der Beobachtung von Luchsen. Jedes dieser Tiere hat eine einmalige Fellzeichnung, mit deren Hilfe die einzelnen Tiere wieder erkannt werden.

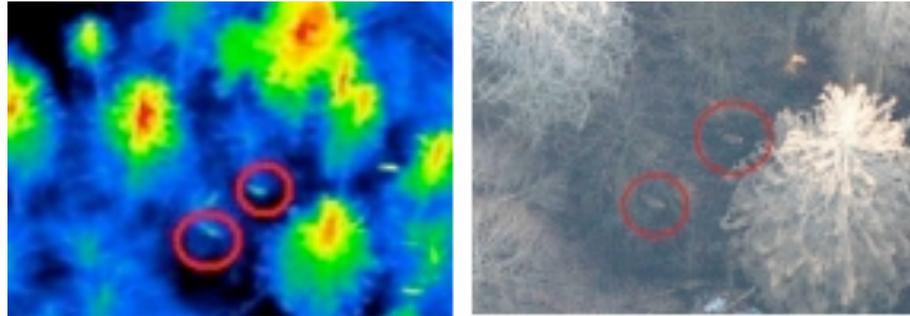
Mit den entstandenen Fotos kann über eine statistische Hochrechnung die Luchsdichte auf die Nationalparkfläche ermittelt werden. Bei dieser Methode ist es wichtig, fundierte Kenntnisse über die zu beobachtenden Tiere und das Gelände zu haben, damit die Fotofallen an den Stellen stehen, an denen es am wahrscheinlichsten ist, dass die Tiere dort vorbeikommen. In regelmäßigen Abständen müssen die Kameras auf ihren Batteriezustand und die Funktionstüchtigkeit inspiziert werden und die in den Kameras gespeicherten Daten ausgelesen werden. (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200-a)



Abbildung 28: Luchs vor einer Fotofalle
(Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200-a)

Wildzählung durch Wärmebildbefliegung

Neben der Fotofallen-Methode gibt es auch noch die Methode der Wildzählung durch Wärmebildbefliegung. Hierbei wird bei der Befliegung mit einem Ultraleichtflugzeug ein vorab bestimmtes Gebiet sowohl mit einer Wärmekamera also auch mit einer Realbildkamera fotografiert (Abbildung 29). Mit Hilfe der Wärmebildkamera können die Tiere durch ihre Körperwärme sichtbar gemacht werden. Die hoch auflösenden Realbilder dienen der Bestätigung und Artbestimmung. (Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 200- a)



**Abbildung 29: links: Wärmebild , rechts: Realbild
(Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200- a)**

Solar geolocation

Bei dieser Methode wird die Position der Tiere über den Sonnenstand und die Uhrzeit ermittelt. Ein Vorteil dieser Methode sind die sehr leichten Messwerterfasser, die auch an sehr kleinen Tieren angebracht werden können. Außerdem haben die Erfasser eine hohe Lebensdauer (mehrere Jahre) und lassen sich günstig herstellen. Zum Datenauslesen müssen die Apparate den Tieren abgenommen werden. Solar Geolocation wird oft bei Tieren verwendet, die lange Strecken zurücklegen, wie z.B. bei Zugvögeln. (Fox & Afanasyey, 2007)

3.2 Usecase Animal Tracking

In diesem Unterkapitel wird beschrieben, wie das Animal Tracking für die Aufgabenstellung eingesetzt wird und welche Arbeitsschritte sich ergeben.

Das Animal Tracking bietet sich aufgrund seiner Bewegungen in Raum und Zeit für die Untersuchung von Visualisierung und Analyse dynamischer Prozesse an. Darüber hinaus stand hierfür ein Datensatz zur Verfügung.

Das Anwendungsfalldiagramm in Abbildung 30 zeigt die verschiedenen Schritte der Bearbeitung: Datenaufbereitung, Visualisierung und Analyse. Außerdem zeigt sie die beiden Anwender des Animal Tracking im Nationalpark: den Nationalparkmitarbeiter und den Nationalparkbesucher.

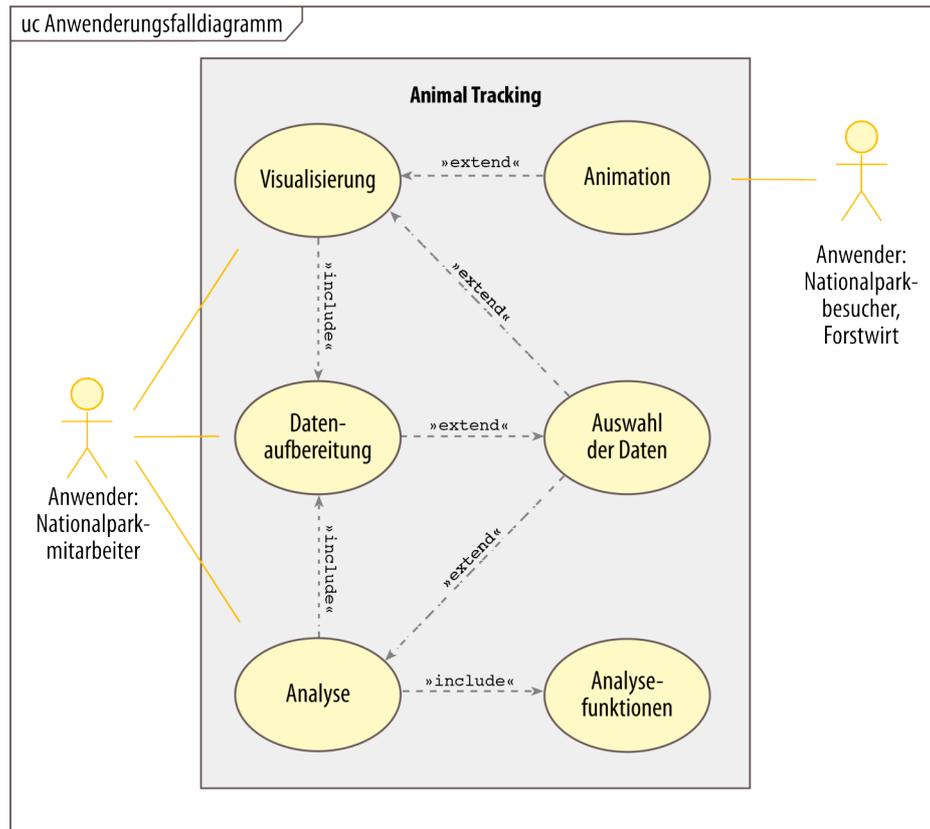


Abbildung 30: Use-Case-Diagramm Animal Tracking (eigener Entwurf)

Die Nationalparkmitarbeiter erhalten die über die GPS-GSM-Telemetrie gelieferten Daten und führen die einzelnen Arbeitsschritte durch. Wobei die **Datenbearbeitung** der erste Schritt ist. Hier werden die Daten in einen Zustand gebracht, der für die verwendete Software und die einzusetzenden Tools geeignet ist – in diesem Fall *ArcGIS 9.3* und *ArcGIS Tracking Analyst*. Dieser Schritt ist somit für die spätere Visualisierung und Analysen zwingen notwendig. Abhängig davon welchem Zweck die Daten dienen sollen oder wie groß der anzuzeigende Datensatz ist, kann eine **Auswahl der Daten** erfolgen, um z.B. den Betrachter eine übersichtliche, leicht verständliche Visualisierung zu präsentieren. Es gibt aber auch den Fall, dass gerade bei großen Datensätzen nicht vorab ausgewählt wird. Z.B. ist das bei Wissenschaftlern der Fall, die durch die Animation des gesamten Datensatzes Muster und Strukturen erkennen, die sie nach einer Auswahl nicht mehr erkennen können (Exploratory Data Analysis). (Dransch, 1994)

Nach der Datenaufbereitung kann die **Visualisierung** erstellt werden, wobei je nach Visualisierungsziel und somit auch Zielgruppe ein ausgewählter Teil

oder der Gesamtdatensatz abgebildet werden kann. Soll aus der Visualisierung eine **Animation** zur Wissensvermittlung für **Nationalparkbesucher** entstehen, so sollte ein reduzierter Datensatz zum Einsatz kommen, um den Betrachter nicht zu überfordern und um das zu Vermittelnde klar verständlich darzustellen.

Für die **Analyse** gilt bezüglich des Datensatzes das gleiche wie für die Visualisierung. Je nach Zweck kann der Gesamt- oder ein Teildatensatz verwendet werden. Ansonsten sind die Analysen von den Visualisierungen getrennt zu betrachten. Analysen werden durchgeführt, wenn Fragen bestehen, die nicht über die Visualisierung beantwortet werden. Hierzu stehen **Analysefunktionen** der verwendeten GIS-Software zur Verfügung, die diverse Abfragen erlauben (hierauf wird in Kapitel 4 näher eingegangen).

Für die Datensätze des Animal Tracking vom Nationalpark Bayerischer Wald ergeben sich verschiedene **Anforderungen an die Visualisierung und Analysen**, welche in der Einführung schon erwähnt wurden und in Kapitel 4 beantwortet werden.

Für die Visualisierung wurden Szenarien ausgewählt, die in Animationen mit verschiedenen Visualisierungseffekten veranschaulicht werden sollen. Es gilt zu untersuchen, ob folgende Visualisierungseffekte mit dem *ArcGIS Tracking Analyst* erstellt werden können:

- Kann ein Ereignis während der Animation hervorgehoben werden?
- Ist das Zoomen während der Animation möglich?
- Ist die gleichzeitige Präsentation mehrerer Tiere mit unterschiedlicher Darstellung der einzelnen Tiere möglich?
- Lassen sich die Bewegungen der Tiere mittels Tracks nachvollziehen?

Für die Analyseanforderungen ergeben sich diese Fragestellungen:

- Wie nahe kommen sich zwei Tracks?
- Welche Strecke legt ein Tier in einer bestimmten Zeit zurück?
- Welche Möglichkeiten der zeitlichen Mustererkennung mittels Diagrammen gibt es?

Aus den Ergebnissen der Visualisierungs- und Analysefragen lässt sich folgendes über die Funktionalität des *ArcGIS Tracking Analyst* feststellen:

- Reichen die Funktionen des Tracking Analyst in seiner Standardausführung für die oben besprochenen Darstellungsmethoden aus?
- Inwieweit kann der Tracking Analyst in seiner Standardausführung zu Analysezwecken verwendet werden?
- Wo sind die Grenzen des Tracking Analyst für diese Anforderungen?

3.3 Tracking Analyst

Wie bereits erwähnt wird zur Untersuchung der Fragestellungen die Software *ArcGIS 9.3* und deren Programmerweiterungen *ArcGIS Tracking Analyst* verwendet. Diese Extension ist speziell für die Arbeit mit Daten entwickelt worden, die sowohl einen Raum- als auch Zeitbezug haben.

Der *ArcGIS Tracking Analyst* kann Objekte visualisieren und analysieren, die im Laufe der Zeit ihre Position, Form oder attributive Eigenschaften verändern. Diese Erweiterung kann in die Umgebung der *ArcGIS Desktop* Funktionen eingebunden werden und erlaubt so die Objekte in räumlich/zeitlicher Beziehung darzustellen sowie zu bewerten (ESRI Deutschland, 200-).

Folgende Hauptfunktionen bietet der *ArcGIS Tracking Analyst*: „ ...

- aufgezeichnete Daten abspielen
- die Darstellung durch Regeln dynamisch gestalten
- räumlich/zeitliche Muster erkennen
- GIS Daten mit temporalen Daten kombinieren
- aus GIS Daten anhand von Attributen temporale Daten erzeugen
- zeitabhängige Daten und deren Verteilung in Diagrammen darstellen“ (ESRI Deutschland, 200-).

3.4 Trackingdaten

Der Testdatensatz, der für diese Arbeit verwendet wird, besteht genau genommen aus mehreren Datensätzen, nämlich aus der Anzahl der in den Szenarien dargestellten Tiere. Untersucht werden die Bewegungen von Luchs, Reh und Rothirsch in Raum und Zeit.

Die Daten beinhalten neben der Position auch das Datum sowie die Uhrzeit jeder gesendeten Position. Die Attribute Ort und Zeit sind für die Bearbeitung mit dem *ArcGIS Tracking Analyst* Voraussetzung. Zusätzliche Daten können aus den Halsbändern generiert werden, wenn sie den Tieren wieder abgenommen werden: Aktivitätsdaten, Höhendaten und Temperaturdaten. Diese Daten stehen allerdings nicht für diese Arbeit zur Verfügung.

Datenstruktur

Der *ArcGIS Tracking Analyst* unterscheidet dreierlei Datenstrukturen, mit denen er arbeiten kann: Simple events, complex stationary events und complex dynamic events.

Simple events müssen neben der Position mindestens die Angaben Datum und Zeit aufweisen (= temporal observation).

ID	Datum/Zeit	Geometrie	Status
1	T1	X1,Y1	rund
1	T2	X2,Y2	eckig
1	T3	X3,Y3	rund

Tabelle 4: Temporal observation (nach ESRI, 2004)

Complex events beinhalten die Angaben der simple events und zusätzliche Daten (= temporal object), deren Inhalt davon abhängen, ob die Beobachtung statisch oder dynamisch ist. Die Daten der temporal observation und des temporal object werden z.B. über ein ID-Feld zu einer Tabelle verbunden. Zu unterscheiden sind hierbei die complex stationary events und complex dynamic events.

Ein Beispiel für ein **complex stationary event** ist ein Verkehrssensor. Der Sensor behält immer die gleiche geographische Position bei, er ist also statisch. Dies bedeutet auch, dass die Positionsangabe in der Tabelle der temporal objects für einen Sensor immer dieselbe ist. Außerdem werden hier die ID des Sensors und andere sensorspezifische Daten gespeichert. In der Tabelle der temporal observation werden ID sowie Datums- und Zeitangaben aufgenommen, aber nicht die Position. Diese ist bereits in der Tabelle des temporal objects enthalten und wird per Join angefügt. Diese Vorgänge werden in Tabelle 5 veranschaulicht.

ID	Geo- metrie	Typ		ID	Zeit	Status
1	X1,Y1	VSA	Join	1	T1	rund
2	X2,Y2	VSB	über	2	T2	eckig
3	X3,Y3	VSC	ID	3	T3	rund

Tabelle 5: Complex stationary event

links: temporal object, rechts: temporal observation (nach ESRI, 2004)

Complex dynamic events sind z.B. die Informationen eines Flugzeugs, dessen geographische Position sich ständig verändert. In diesem Fall wird die Position in der Tabelle der temporal observation gespeichert – neben ID, die Datums- und Zeitangaben der einzelnen Beobachtungen. In der Tabelle der temporal objects werden ausschließlich Daten über das Flugzeug gesammelt (Typ, Crew, Pilot etc.). Tabelle 6 illustriert die Datenstruktur der complex dynamic events. (ESRI, 2004)

ID	Typ	Pilot		ID	Zeit	Geo- metrie
1	380	Hinz	Join	1	T1	X1,Y1
2	727	Kunz	über	2	T2	X2,Y2
3	123	Müller	ID	3	T3	X3,Y3

Tabelle 6: Complex dynamic events

links: temporal object, rechts: temporal observation (nach ESRI, 2004)

Die Daten, die in dieser Arbeit verwendet wurden, sind simple events und bestehen nur aus einer Tabelle.

3.5 Basisdaten und Web Map Services

Vom Nationalpark Bayerischer Wald wurden ein DGM (digitales Geländemodell) und eine Schummerung bereitgestellt, die je eine Auflösung von 90 m haben. Außerdem stand ein Satellitenbild (Landsat 7 von 2001) mit einer Auflösung von 14,25 m zur Verfügung. Da diese Auflösungen nicht für alle Szenarien fein genug war, wurden zusätzlich Orthophotos über WMS-Server eingebunden. Die Suche nach hoch auflösenden digitalen Geländemodellen blieb leider erfolglos.

Zum einen wurde für die deutsche Seite der WMS-Server der Bayerischen Vermessungsverwaltung (<http://www.geodaten.bayern.de/ogc/getogc.cgi?>) eingebunden, der Orthophotos mit 2 m Auflösung anbietet.

Zum anderen wurde für die tschechische Seite der WMS-Server des Geoportals der Tschechischen Republik eingerichtet (http://geoportal.cenia.cz/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/cenia_b_ortorgb1m_sde? bzw. über http://geoportal.cenia.cz/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/cenia_b_ortorgb05m_sde?), der Orthophotos mit einer Auflösung von 0,5 m bzw. 1 m zur Verfügung stellt. Die Einbindung der WMS-Server erfolgte im *ArcCatalog* über das Hinzufügen neuer WMS Server (Abbildung 31).

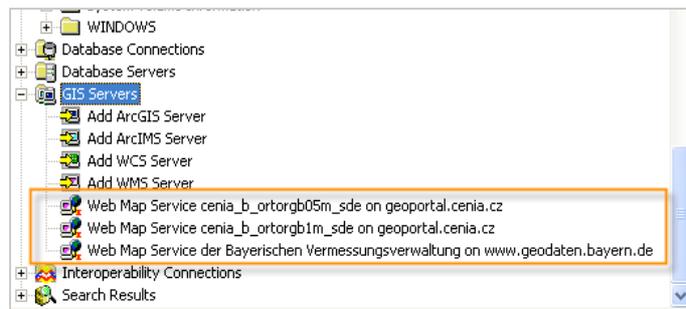


Abbildung 31: Einbindung von deutschen und tschechischen WMS-Servern

4. Umsetzung Animal Tracking

4.1 Datenbearbeitung

Die GPS-GSM-Telemetriedaten, die bei der Empfangsstation in Grafenau eingehen, können in ihrem Rohzustand nicht für die Verwendung mit dem *ArcGIS Tracking Analyst* genutzt und müssen zuvor entsprechend vorbereitet und bearbeitet werden. Die dazu notwendigen Schritte werden im Folgenden beschrieben.

Vorarbeiten

Als erstes müssen die Datums- und Zeitformate in den Trackingdaten überprüft werden. Da der *ArcGIS Tracking Analyst* auf Datums- und Zeitformaten von Windows basiert, sollte man sich versichern, dass die in den Trackingdaten verwendete Formatierung auch in der Systemsteuerung (Datums-, Zeit-, Sprach- und Regionaleinstellungen) angeboten wird.

Als nächstes muss eine Geodatabase in *ArcCatalog* angelegt werden, in der die Trackingdaten abgelegt werden.

Daten, die in Tabellenform bestehen müssen in *ArcCatalog* in eine Feature Class umgewandelt werden.

Als letzten vorbereitenden Schritt werden alle Trackingdaten in ein leeres *ArcMap* Dokument hinzugefügt.

Bearbeitung

Die Bearbeitung der Trackingdaten beginnt mit dem **Entfernen offensichtlich fehlerhafter Messungen**, die viel zu weit aus dem Untersuchungsgebiet rausragen. Also eine Distanz darstellen, die Luchse, Rehe und Hirsche normalerweise nicht in so kurzer Zeit zurücklegen können. Hierzu wurde ein Polygon gezeichnet, welches das Untersuchungsgebiet ausweist. So konnten die außerhalb liegenden Messungen mittels *Clip*-Tool eliminiert werden. Das Ergebnis mit den beschnittenen Daten wird in Abbildung 32 gezeigt, die grüne Linie stellt die Grenze des deutschen Nationalparkgebiets dar.

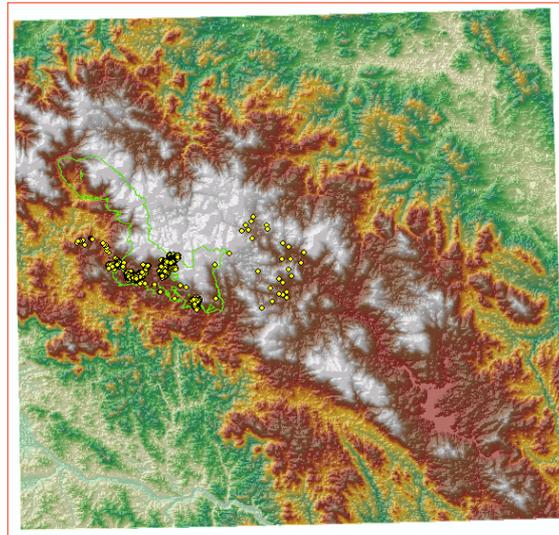


Abbildung 32: Untersuchungsgebiet mit Positionen der Tiere (gelbe Punkte)

Außerdem wurden die Daten entfernt, die **Nullwerte bei den Positionsparametern** aufwiesen. (siehe Abbildung 33)

LMT_DATE	LMT_TIME	ECEF_X	ECEF_Y	ECEF_Z	LATITUDE	LONGITUDE	HEIGHT
1/20/2009	06:16:53	4075850	998989	4788480	48,960221	13,771681	1093,35
1/20/2009	18:12:36	4075375	995079	4789524	48,975814	13,721359	968,04
1/21/2009	00:01:27	4075378	995091	4789614	48,975716	13,721509	964,26
1/21/2009	06:15:49	4075380	995090	4789505	48,975651	13,721489	969,81
1/21/2009	18:10:55	4075400	995093	4789616	48,975630	13,721403	975,9
1/22/2009	00:03:11	0	0	0	0	0	0
1/22/2009	06:15:49	4075382	995090	4789510	48,975719	13,721058	959,67
1/22/2009	18:10:55	4075382	995091	4789532	48,975927	13,721156	967,86
1/23/2009	00:00:54	4075404	995095	4789603	48,975544	13,721080	955,6
1/23/2009	06:18:06	0	0	0	0	0	0
1/23/2009	18:12:00	4075940	991700	4790597	49,852267	13,061777	963,12
1/24/2009	00:02:12	4082141	995972	4783627	48,895154	13,70599	863,29
1/24/2009	06:15:25	4081444	997047	4783845	48,899142	13,727799	865,81
1/24/2009	18:11:41	4080012	995453	4785393	48,820278	13,71131	868,51
1/25/2009	00:00:49	4077055	998913	4787623	48,950573	13,740241	891,42

EASTING	NORTHING	REMARKS	LMT_DATE Text	DATE TIME	TRACK_ID
4626093	5421037	<Null>	1/19/2009	1/19/2009 18:10:44	9
4627228	5423384	20.1.2009	1/20/2009	1/20/2009 00:02:17	9
4629845	5426276	<Null>	1/20/2009	1/20/2009 06:16:53	9
4628120	5427925	<Null>	1/20/2009	1/20/2009 18:12:36	9
4626132	5427915	21.1.2009	1/21/2009	1/21/2009 00:01:27	9
4626130	5427908	<Null>	1/21/2009	1/21/2009 06:15:49	9
4626098	5427904	<Null>	1/21/2009	1/21/2009 18:10:55	9
4626099	5427914	22.1.2009	1/22/2009	1/22/2009 06:15:49	9
4626135	5427938	<Null>	1/22/2009	1/22/2009 18:10:55	9
4626101	5427895	23.1.2009	1/23/2009	1/23/2009 00:00:54	9
4621864	5422997	<Null>	1/23/2009	1/23/2009 18:12:00	9
4625489	5418937	24.1.2009	1/24/2009	1/24/2009 00:02:12	9
4626786	5419410	<Null>	1/24/2009	1/24/2009 06:15:25	9
4625524	5421733	<Null>	1/24/2009	1/24/2009 18:11:41	9
4627587	5425150	25.1.2009	1/25/2009	1/25/2009 00:00:49	9

Abbildung 33: Entfernung von Nullwerten, links: komplett, rechts: bereinigt

Der nächste Schritt ist das **Hinzufügen der Spalte TRACK_ID** vom Datentyp Text. Diese Spalte braucht der *ArcGIS Tracking Analyst* um die Tracks (Verbindungslinien zwischen den einzelnen Positionen) darstellen zu können. Wären mehrere Tiere in einer Attributtabelle vertreten, würde der *ArcGIS Tracking Analyst* durch dieses Feld die verschiedenen Tiere unterscheiden können. Da in den verwendeten Daten immer nur ein Tier pro Attributtabelle repräsentiert wird, bekommt die Spalte TRACK_ID immer die gleiche Zahl pro Attributtabelle (Abbildung 34).

Der *ArcGIS Tracking Analyst* benötigt außerdem **ein Spalte, in der sowohl das Datum, als auch die Uhrzeit enthalten ist**. Dazu müssen die Inhalte der Datumsspalte und der Zeitspalte in eine Spalte überführt werden. Für

diesen Vorgang bietet der *ArcGIS Tracking Analyst* das Tool *Concatenate Date and Time Fields* an. Die Voraussetzung zur Nutzung des Tools ist, dass sowohl die Datumsspalte LMT_Date als auch die Zeitspalte LMT_Time mit dem Datentyp Text vorliegen. Erstere ist vom Typ Date, letztere bereits vom Typ Text. Zur Umwandlung der Datumsspalte wird ein neues Feld mit entsprechendem Datentyp in der Attributtabelle angelegt und die Inhalte der „alten“ Datumsspalte in die neue kopiert. (Siehe hierzu Abbildung 34 Spalte LMT_Date_Text)

Da nun beide Spalten mit dem richtigen Datentyp vorliegen, sind die Bedingungen für eine Zusammenführung beider Spalte gegeben, das Tool *Concatenate Date and Time Fields* (Toolbox) kann angewendet werden. Die Ergebnisspalte DATE_TIME zeigt Abbildung 34.

Anmerkung: Die Typumstellung der Datumsspalte und somit die Zusammenführung kann man weglassen, wenn man weiß, dass die Uhrzeit für die Animation nicht gebraucht wird. Also wenn z.B. klar ist, dass es an einem Tag sowieso nur eine Position gibt und auch nur ein Tag pro Frame abgespielt werden soll.

TEMP	EASTING	NORTHING	REMARKS	LMT_DATE Text	TRACK_ID	DATE_TIME
14	4602616	5423845		5/1/2005	2	5/1/2005 05:02:52
21	4602607	5423487		5/2/2005	2	5/2/2005 09:03:06
23	4602492	5423400		5/3/2005	2	5/3/2005 15:01:54
15	4602375	5423853		5/4/2005	2	5/4/2005 07:03:09
18	4602619	5423523		5/5/2005	2	5/5/2005 09:02:38
12	4604761	5423048		5/6/2005	2	5/6/2005 07:02:24
14	4605627	5424415		5/7/2005	2	5/7/2005 07:03:06
12	4605690	5423089		5/8/2005	2	5/8/2005 07:02:57
14	4606021	5423196		5/9/2005	2	5/9/2005 11:02:04
15	4605785	5424750		5/10/2005	2	5/10/2005 09:03:05
19	4605789	5423667		5/11/2005	2	5/11/2005 09:01:53
27	4604792	5423150		5/12/2005	2	5/12/2005 15:02:10
25	4606016	5423102		5/13/2005	2	5/13/2005 11:02:48
16	4605249	5424145		5/14/2005	2	5/14/2005 07:01:00

Abbildung 34: Attributtabelle mit ergänzten TRACK_ID- und DATE_TIME-Spalten

Im letzten Schritt werden aus den Trackingdaten **Tracking Layer** gemacht. Dies kann auf zwei Weisen erfolgen. Erstens über das Menü des *ArcGIS Tracking Analyst* über den Button *Add Temporal Data*. Zweitens über das Tool *Make Tracking Layer* des *ArcGIS Tracking Analyst*.

Für den ersten Fall: Als Datumsfeld wird die erzeugte Spalte DATE_TIME gewählt und da die Darstellung von Tracks gewünscht ist, die Spalte TRACK_ID entsprechend angegeben. Als nächstes werden die Datums- und Zeitformate angepasst.

Für den zweiten Fall: Prinzipiell ist diese Version die Gleiche wie die erste. Zu beachten ist allerdings, dass beim Zeit- und Datumsformat die entsprechende Formatierung (M/d/YYYY, HH:mm:ss etc.) angegeben werden muss (auch wenn die Felder als optional ausgegeben sind, lässt man die Formatangaben weg, stürzt ArcMap beim Betätigen des Playback Managers ab). Der Vorteil dieses Tools ist, dass es im Model Builder eingesetzt werden kann.

Abbildung 35 veranschaulicht den Ablauf der Datenbearbeitung im Model Builder: Fehlerhafte Daten entfernen (*Clip*), Zusammenführen der Datums- und Zeitspalte (*Concatenate Date and Time Fields*) sowie die Erstellung des Tracking Layers (*Make Tracking Layer*). Falls man den Model Builder zur Datenaufbereitung nutzen möchte, sollten die Spaltenergänzungen vorher gemacht werden, da sonst die Spaltenzusammenführung nicht funktioniert.

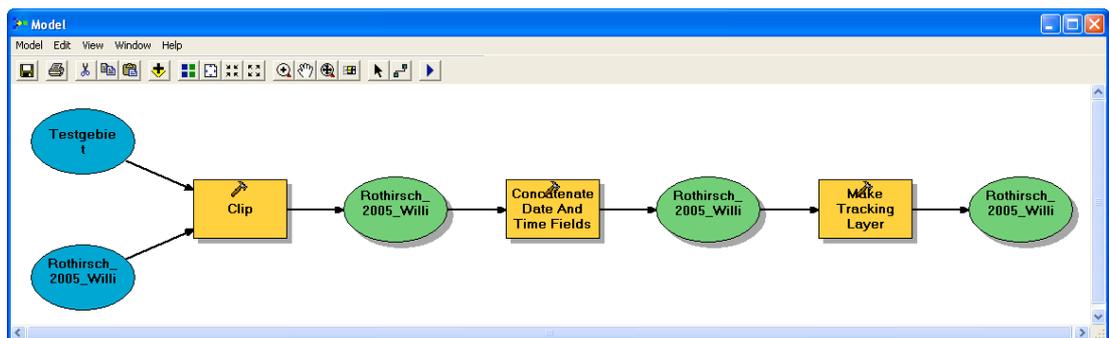


Abbildung 35: Datenbearbeitung mit Hilfe des Model Builder

4.2 Visualisierungen

Die Visualisierungen wurden unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte erstellt, die aus den in Kapitel 3 aufgeführten Fragestellungen zu Visualisierungseffekten resultieren. So wurde versucht während der Animation, ein Ereignis hervorzuheben, verschiedene Zoomstufen einzubauen, die gleichzeitige Darstellung mehrerer Tiere umzusetzen und die Tierbewegungen mittels Tracks nachzuvollziehen. Untersucht wurden diese Punkt an vier Szenarien, die schon mehrfach erwähnt wurden und hier beschrieben werden.

Für die Erstellung der Visualisierungen bzw. Animationen folgen nach der Datenbearbeitung und der Erstellung der Tracking Layer diese Arbeitsschritte:

- **Auswahl der Daten:** Die Auswahl der Daten wirkt sich positiv auf die Visualisierung aus (Übersichtlichkeit, optimierte Wissensvermittlung) und wurde individuell für jedes Szenario vorgenommen.
- **Laden zusätzlicher Layer im Kartenfenster**, abhängig vom darzustellenden Szenario. Die zusätzlichen Layer sollen der räumlichen Orientierung dienen, das abzubildende Thema unterstützen und die Gesamtgestaltung der Visualisierung optimieren. Dies könnten z.B. Nationalparkgrenze, Orte, Wittergatter oder Futterstellen sowie Basisdaten sein.
- **Gestaltung der Tracking Layer**, dazu zählen unter anderem die Angabe des Zeitfensters, in dem Daten während der Animation gezeigt werden sollen (z.B. die letzten 5 Tage oder der gesamte Zeitraum der Daten), Hervorheben der jüngsten Position, Beschriftung von Positionen durch Attribute oder das Integrieren von so genannten *Actions*, die über verschiedene Abfragemöglichkeiten (nach Attributen, Orten oder beides) Daten hervorheben, unterdrücken oder filtern können.
- **Überprüfen der Gestaltung mittel *Playback Manager***, z.B. werden *Actions* nicht am Layer in der *Table of Content* angezeigt, sondern werden erst beim Abspielen sichtbar. Auch die Abspielraten, die später in der Animationsgenerierung übernommen werden, können hier optimiert werden. Der *Playback Manager* wird im Anschluss noch genauer

beleuchtet. (Die Funktion des *Playback Managers* steht im Layoutfenster nicht zur Verfügung.)

- Zur **Gestaltung des Layoutfensters** kann beispielsweise eine entsprechende Layoutvorlage als Basis dienen, die durch individuelle Legenden, Maßstabsleisten, Titel und erläuternde Zusatzinformationen ergänzt und der Thematik angepasst wird.
- Die **Erstellung der Animation** aus dem Layoutfenster erfolgt über das *Animation Tool* des *ArcGIS Tracking Analyst*. Auf diesen Schritt wird am Ende dieses Unterkapitels näher eingegangen. (Es besteht auch die Möglichkeit direkt aus dem Kartenfenster eine Animation zu generieren, allerdings können hier keinerlei Zusatzinformationen, wie Titel und Legende, integriert werden. Diese Variante ist für Kenner der Datenlage ausreichend, nicht aber für externe Nutzer, für die der Sachverhalt neu ist.)

Playback Manager

Der *Playback Manager* des *ArcGIS Tracking Analyst* dient zum Abspielen der Tracking Layer mit ihren Einstellungen, wie in den Arbeitsschritten gerade beschrieben. Der *Playback Manager* gibt aber auch Auskunft über die Datenverteilung über einen Zeitraum hinweg. In Abbildung 36 sieht man das Histogramm von Gerdas Autounfall, in dem die Daten vor dem Unfall (20.03.08) weniger sind als nach dem Unfall. In der Datenauswahl wurde für dieses Szenario die Zeit nach dem Unfall mit mehr Positionen gezeigt als vor dem Unfall. Diese Datenlage spiegelt das Histogramm wider (kurze Spitzen = weniger Daten, lange Spitzen = mehr Daten).

Über die Abspielrate kann die Geschwindigkeit der Animation bestimmt werden. Im abgebildeten Fall zeigt die Animation ein Bild (Frame) alle 8 Stunden. Um diese Einstellung vorzunehmen, sollte man einen Blick in die Attributtabelle des Tracking Layers werfen und die groben zeitlichen Abstände zwischen den Positionen ermittelt. Dieser Wert gilt als Richtwert für die Abspielrate. Soll die Animation langsamer laufen, wird der Wert runtergesetzt. So geschieht es, dass in dem Zeitintervall der Abspielrate keine neue Position vorliegt, die Animation bleibt sozusagen optische für ein, zwei Bilder stehen. Der Betrachter hat genug Zeit, um die bisher angezeigten Information aufzunehmen. Wählt man ein Zeitintervall, das größer ist als der ermittelte

Wert, so erscheinen mehrere Positionen im nächsten Bild gleichzeitig, die Animation wird schneller ggf. auch unübersichtlicher, da viele neue Informationen vom Betrachter gleichzeitig wahrgenommen werden müssen. Zusätzlich kann über den Regler *Slower/Faster* die Erscheinungszeit eines Frames reguliert werden (wurde für diese Arbeit nicht verwendet, da diese Einstellung nicht in der Animationsgenerierung einstellbar ist.).

Außerdem lässt sich das Zeitfenster der Animation über *Start- und Enddatum* einstellen.

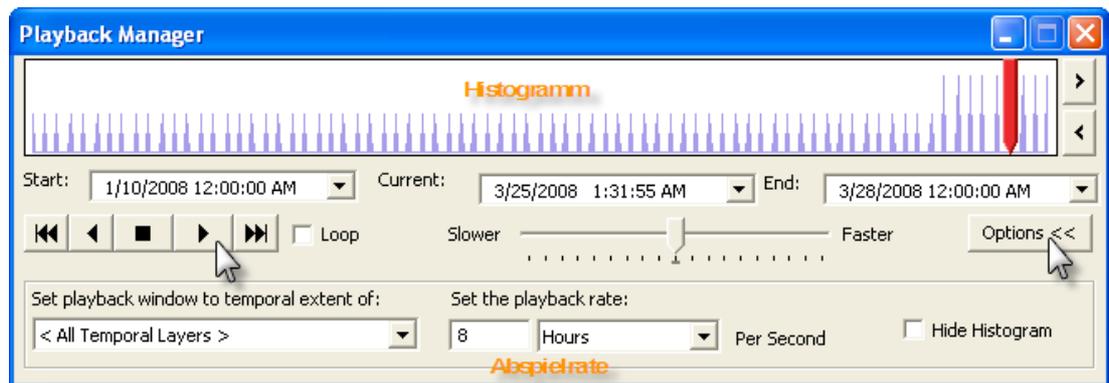


Abbildung 36: Funktionen des Playback Managers des ArcGIS Tracking Analyst

Szenarien

Im Folgenden werden die vier Szenarien und die Umsetzung der Visualisierungen in *ArcGIS 9.3* beschrieben.

Szenario I: Gerdas Autounfall (Animation auf CD-ROM: Gerda.avi)

In diesem Szenario soll dargestellt werden, wie sich das Reh Gerda durch ihr Revier bewegt und einen Autounfall hat. Sie wird vom Fahrer für tot gehalten, steht dann aber wieder auf und legt noch längere Strecken in der ihr bekannten Umgebung zurück. Acht Tage nach dem Unfall stirbt sie.

Datenauswahl

Durch die Datenauswahl wurde versucht, die Zeit nach dem Unfall herauszustellen, indem hier mehr Daten (2 Positionen pro Tag) gezeigt werden als vor dem Unfall (1 Position pro Tag). Wenn ein Tier sich vier Stunden nicht bewegt hat, sendet das Halsband in sehr kurzen Abständen Positionen aus, die den Mitarbeitern der Nationalparkverwaltung anzeigen, dass das Tier Mortalität aufweist. Aufgrund dieser Datenlage (Intervalle der Positionen im Minu-

tentakt) war es nicht möglich, mehr als 2 Positionen pro Tag zu finden, deren Peilungen mehrere Stunden Abstand von einander haben. Abbildung 37 zeigt die Ergebnistabelle nach der Datenauswahl, die markierte Zeile zeigt den Unfalltag.

OBJECTID	Shape	LINE ID	UTC DATE	UTC TIME	LMT DATE	LMT TIME
187	Point ZM	447	3/16/2008	18:02:19	3/16/2008	19:02:19
82	Point ZM	449	3/17/2008	20:01:50	3/17/2008	21:01:50
181	Point ZM	451	3/18/2008	22:02:15	3/18/2008	23:02:15
165	Point ZM	452	3/19/2008	11:01:58	3/19/2008	12:01:58
397	Point ZM	454	3/20/2008	13:01:51	3/20/2008	14:01:51
257	Point ZM	466	3/21/2008	04:28:32	3/21/2008	05:28:32
353	Point ZM	470	3/21/2008	15:01:15	3/21/2008	16:01:15
323	Point ZM	486	3/22/2008	17:02:18	3/22/2008	18:02:18
324	Point ZM	480	3/22/2008	03:28:40	3/22/2008	04:28:40
304	Point ZM	488	3/23/2008	19:02:14	3/23/2008	20:02:14
316	Point ZM	487	3/23/2008	06:00:50	3/23/2008	07:00:50
142	Point ZM	490	3/24/2008	21:00:26	3/24/2008	22:00:26
307	Point ZM	489	3/24/2008	08:00:56	3/24/2008	09:00:56
1	Point ZM	493	3/26/2008	12:01:45	3/26/2008	13:01:45
34	Point ZM	492	3/25/2008	23:02:24	3/26/2008	00:02:24
2	Point ZM	494	3/27/2008	01:01:17	3/27/2008	02:01:17
33	Point ZM	495	3/27/2008	14:01:18	3/27/2008	15:01:18
16	Point ZM	496	3/28/2008	03:00:56	3/28/2008	04:00:56
30	Point ZM	501	3/28/2008	10:33:21	3/28/2008	11:33:21

Abbildung 37: Datenauswahl für Gerdas Autounfall, vor und nach dem Unfall

Verwendete Basisdaten

Für die Visualisierung wurde ein Maßstab im Layoutfenster von 1:9.000 festgelegt. Aus diesem relativ großen Maßstab ergab sich die Verwendung der Orthophotos des WMS-Server der Bayerischen Vermessungsverwaltung, die eine Auflösung von 2 m haben.

Umsetzung

Umgesetzt wurde das Szenario mit einem Track (blaue Linie), der die Positionen der letzten acht Tage (weiße Punkte) verbindet. Ein Zeitfenster von acht Tagen wurde gewählt, um die Zeit nach dem Unfall als kompletten Track zu sehen. Die jüngsten Positionen wurden mit Datumsangaben versehen. Das ist in diesem Fall sinnvoll, da der Unfalltag eine zentrale Rolle in diesem Szenario spielt. Trotz dieser Zusatzinformation bleibt die Animation übersichtlich. Darüber hinaus wurde über einen weiteren Tracking Layer die Unfallstelle hinzugefügt. Sie erscheint mit Gerdas Position am 20.03.08, dem Tag des Unfalls, aber nicht an der gleichen Stelle. Das liegt daran, dass die Uhrzeit der Unfallstelle nicht mit der von Gerdas Position übereinstimmt.

Für dieses Szenario würde sich auch eine *Action* anbieten, mit der in Gerdas Tracking Layer über eine Abfrage am 20.03.08 ein zusätzliches Element erscheint (in der Abbildung 38 roter Stern). Allerdings stimmt dann die Position mit der Unfallstelle (in der Abbildung 38 gelber Stern) nicht mehr überein, da die Position der Unfallstelle älter ist als die von Gerda an diesem Tag.

Zur Orientierung wurden die Orte Guglöd und Waldhäuser ergänzt.

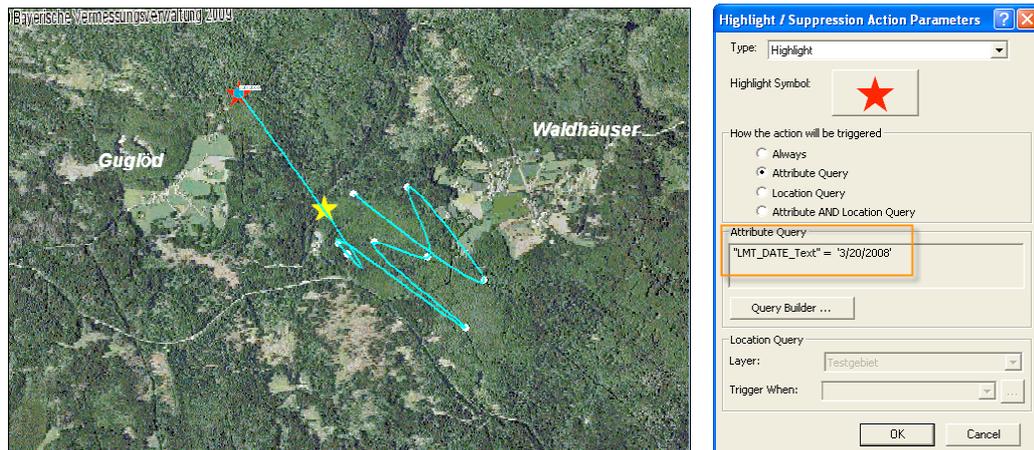


Abbildung 38: Hervorhebung durch Action (roter Stern) und Einblendung (gelber Stern)

Playback Manager

Für diese Animation wurde eine Abspielrate von 6 Stunden eingestellt. Obwohl täglich nur ein bzw. zwei Positionen vorhanden waren, wurde diese niedrige Abspielrate gewählt, damit die Animation langsam läuft und alle relevanten Informationen (Datumsangaben, Unfall) vom Betrachter erfasst werden können.

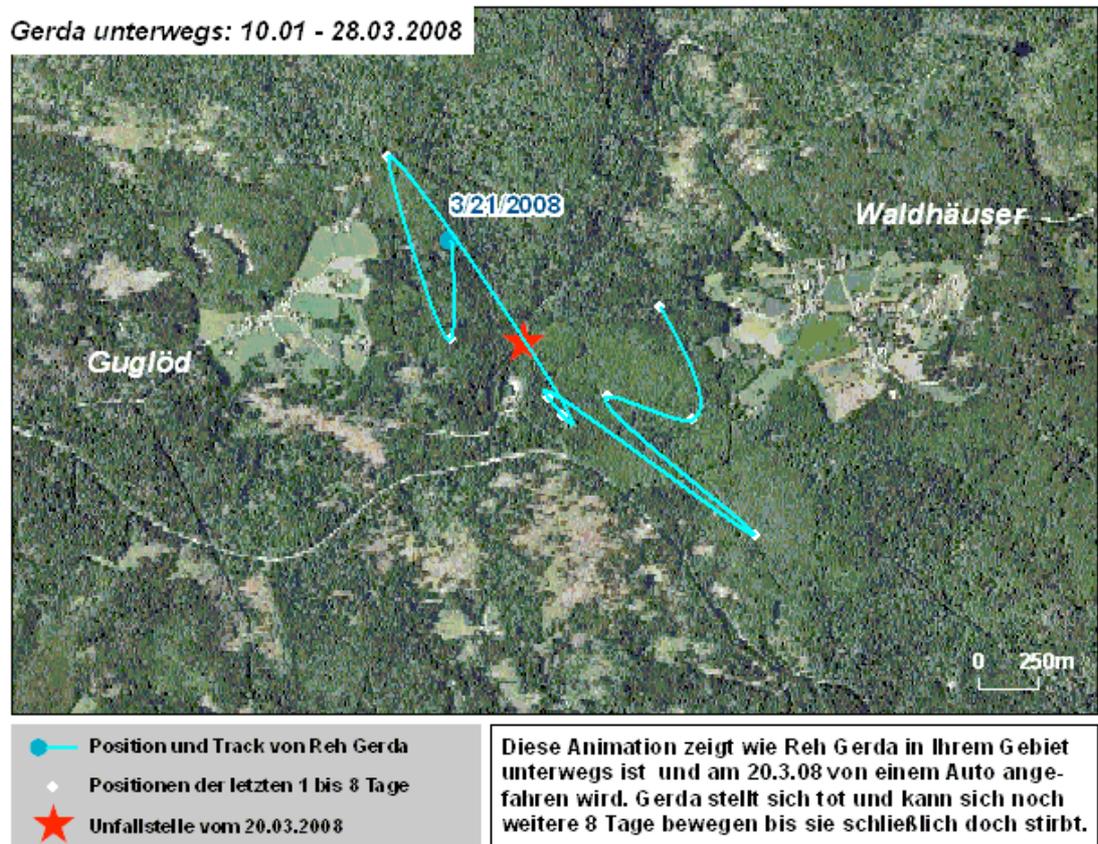


Abbildung 39: Ansicht des Szenarios II in QuickTime

Szenario II: Gatteröffnung (Animation auf CD-ROM: Gatteroeffnung.avi)

Hier soll das Verhalten von drei männlichen Rothirschen unmittelbar nach der Freilassung aus ihrem Wintergatter illustriert werden. Anfangs laufen sie zielstrebig auf die Wiesen von Guglöd zum Fressen und ziehen anschließend zum Grenzkamm nach Tschechien hoch.

Datenauswahl

Für jedes der Tiere waren 12-24 Positionen pro Tag vorhanden. Diese Positionsdichte war für eine sinnvolle Darstellung zu hoch und wurde auf eine Position pro Tag und Tier reduziert.

Besonderheit

Für dieses Szenario weisen die Daten eine spezielle Situation auf, denn Rothirsch Willi war ein Jahr vor den anderen beiden Rothirschen Phillip und Fritz unterwegs (siehe Tabelle 7).

Name des Tieres	Zeitraum, aus dem die Daten des Tieres stammen
Rothirsch Will	01.05.2004 – 31.05.2004
Rothirsch Phillip	01.05.2005 – 31.05.2005
Rothirsch Fritz	01.05.2005 – 31.05.2005

Tabelle 7: Zeiträume der Daten für die Rothirsche in Szenario II

Um aber trotzdem alle drei Tiere gleichzeitig in der Animation abzuspielen zu können, besteht die Möglichkeit, über einen zeitlichen Versatz die Daten von Rothirsch Willi ins Jahre 2005 zu verschieben (Temporal Offset). Diese Einstellung kann man unter anderem im *Playback Manager* erkennen. Die Daten, die zeitlich versetzt sind, werden im Histogramm des *Playback Managers* andersfarbig angezeigt (in Abbildung 40 rot).

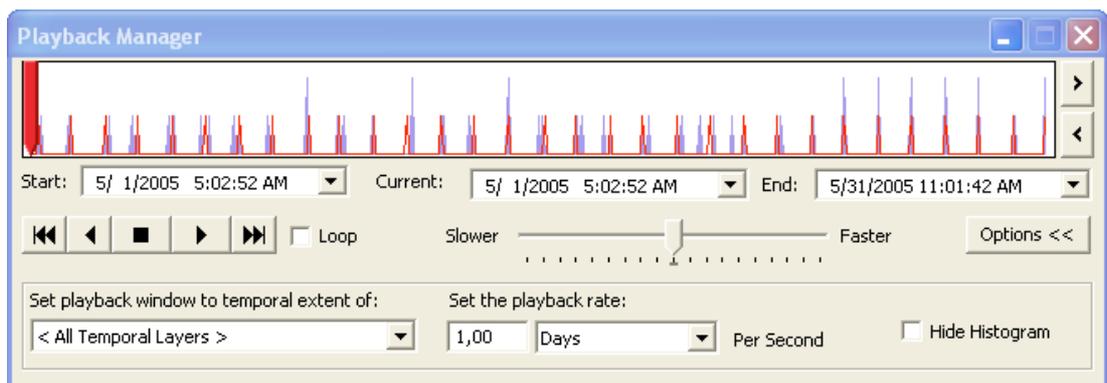


Abbildung 40: Playback Manager mit Temporal Offset

Verwendete Basisdaten

Wie im ersten Szenario werden auch hier Orthophotos verwendet. Aufgrund der geographischen Ausdehnung wurden neben den bayerischen Orthophotos mit einer Auflösung von 2 m auch die vom WMS-Server der tschechischen Republik mit einer Auflösung von 0,5 m verwendet. Die Animation hat im Layoutfenster einen Maßstab von 1:10.000.

Umsetzung

Die Umsetzung dieses Szenarios erfolgte über die Darstellung des Wintergatters Neuhüttenwiese (grüne Fläche) sowie über die Verwendung von Tracks, welche die letzten fünf Tage sichtbar bleiben. Jedes der drei Tiere wurde verschiedenfarbig abgebildet, um eine Unterscheidung zu gewährleisten.

ten. Zur Orientierung wurden die beiden Ortschaften Guglöd und Waldhäuser eingetragen sowie die deutsch-tschechische Grenze mit entsprechender Beschriftung der beiden Länder und dazugehörigen Nationalparke.

Playback Manager

Für diese Animation wurde eine Abspielrate von 12 Stunden eingestellt. Diese Zeitspanne wurde gewählt, da täglich eine Position vorhanden war und um die Animation etwas zu verlangsamen, wurde statt einem Tag ein halber Tag (12 Stunden) eingestellt.

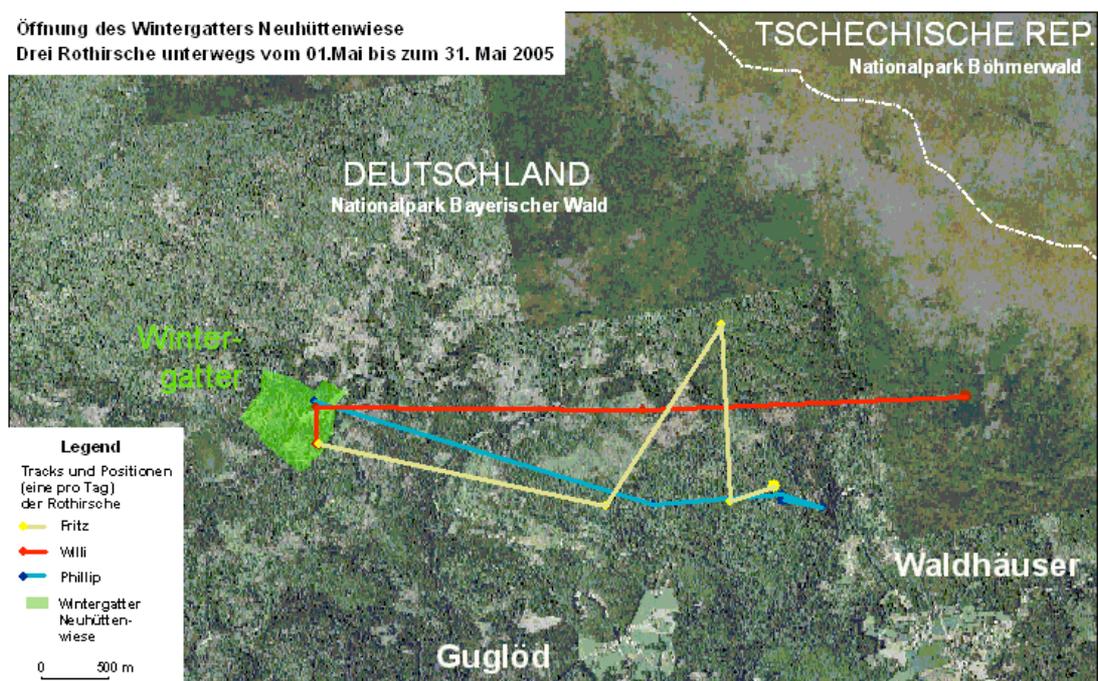


Abbildung 41: Ansicht des Szenarios II in QuickTime

Szenario III: Rehböcke in der territorialen Phase (Animation auf CD-ROM: Rehboecke.avi)

In diesem Szenario wird gezeigt, wie die Rehböcke im Winter an den Fangorten zusammenstehen und sich im Frühjahr trennen, wenn sie territorial werden. Zudem soll dargestellt werden, dass die alten Rehböcke an den Futterstellen bleiben und die Jährlinge abwandern müssen, um sich ihr Revier zu suchen.

Datenauswahl

In den Daten dieses Szenarios bestanden ungleichmäßig Positionsintervalle. So hatte der Großteil der Daten 1-3 Positionen pro Tag und Tier. Es gab aber auch einige Tage, die 23-24 Positionen pro Tier – also stündliche Peilungen – aufwiesen. Um einen gleichmäßigen Verlauf der Tierbewegungen zu zeigen, wurden die Daten auf eine Position pro Tag und Tier reduziert. Darüber hinaus reichen die verbleibenden Positionen für die Darstellung aus, da durch die Territoriumssuche der Rehböcke ein relativ großes Gebiet abgebildet wird und sich daraus ein kleiner Maßstab ergibt, in dem es ohnehin schwierig ist Details zu zeigen.

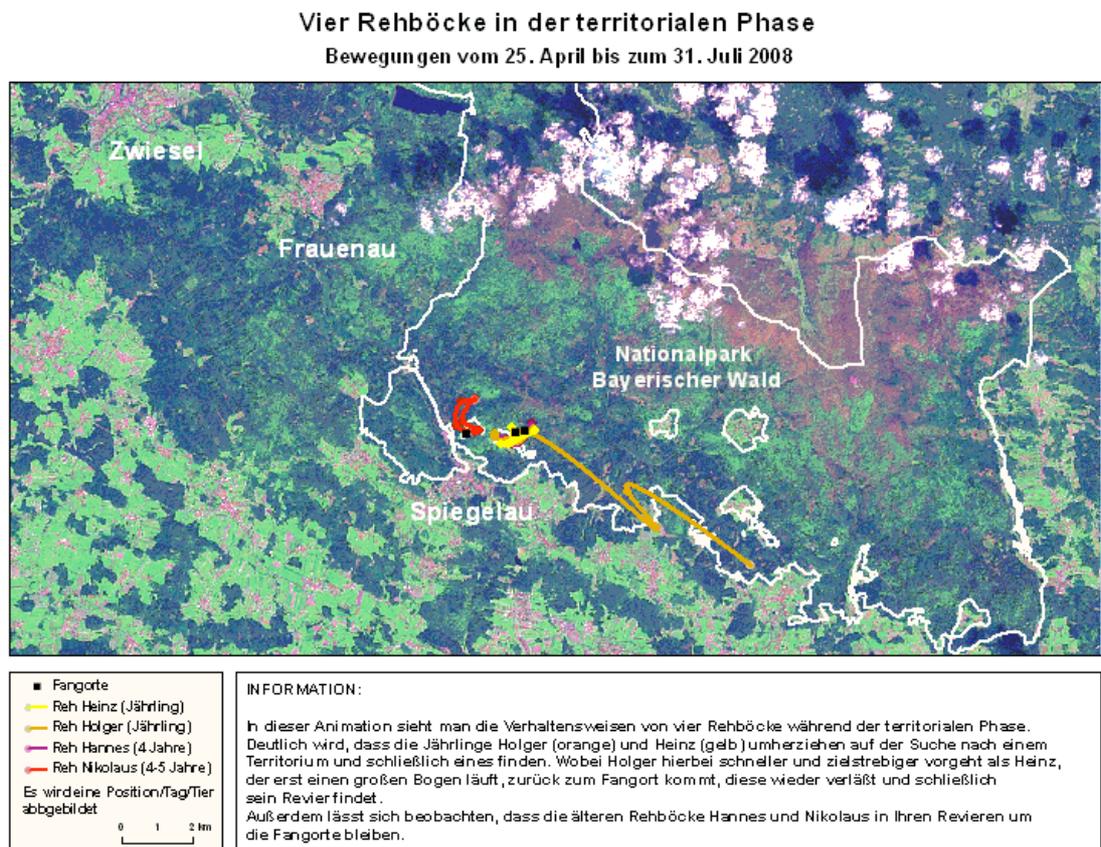


Abbildung 42: Ansicht des Szenarios III in QuickTime

Verwendete Basisdaten

Aufgrund dieses kleinen Maßstabs, im Layoutfenster 1:30.000, wurde das Satellitenbild mit einer Auflösung von 14,25 m gewählt. Für diesen Maßstab wären auch die Orthophotos geeignet gewesen, um aber eine ebenmäßiger aussehende Hintergrundfläche zu haben, wurde das Satellitenbild verwendet.

Umsetzung

Dieses Szenario wurde ebenfalls mit Tracks gestaltet, die die Tierbewegungen der letzten 10 Tage darstellen. Wie auch bei Szenario II wurden die verschiedenen Tiere unterschiedlich eingefärbt, um die Unterscheidbarkeit sicher zu stellen. Die Fangorte sind in einem neutralen schwarz gehalten. Als Orientierungselemente wurden die Ortschaften Zwiesel, Frauenau und Spiegelau sowie das deutsche Nationalparkgebiet mit Beschriftung ergänzt. Der Betrachter wird durch Titel, Legende und erklärendem Text bei der Informationsaufnahme unterstützt.

Playback Manager

Auch für diese Animation wurde eine Abspielrate von 12 Stunden eingestellt. Die Gründe dafür sind dieselben wie im Szenario II.

Szenario IV: Milan und der Riss (Animation auf CD-ROM: Milan.avi)

Hier wird dargestellt, wie der Luchs Milan sich über die Nationalparkgrenzen hinaus bewegt und ein (unbesendertes) Reh erbeutet.

Datenauswahl

Für dieses Szenario war kaum eine Auswahl nötig, da der Datensatz drei Positionen pro Tag beinhaltet und diese Anzahl für den Luchs und seine langen zurückgelegten Strecken in der Darstellung nicht reduziert werden musste. Es wurden nur die Schritte der Datenbearbeitung durchgeführt.

Verwendete Basisdaten

Aufgrund der großen Ausdehnung ergab sich für dieses Szenario ein kleiner Maßstab von 1:150.000 im Layoutfenster. Als Basisdaten wurden hierfür das digitale Geländemodell und die Schummerung verwendet.

Umsetzung

Für die Bewegungen des Luchses Milan wurden die einzelnen Positionen (hellblaue Punkte) mit blauen Tracks verbunden und zeigen die Daten in einem Zeitfenster von fünf Tagen. Über einen zusätzlichen Tracking Layer erscheint ein Reh, das kurz darauf von Milan gerissen wird.

Also Orientierungselemente dient die Nationalparkfläche auf deutscher Seite sowie deren Beschriftung. Auch hier wird der Betrachter durch Titel, Legende und Informationskasten unterstützt.

Playback Manager

Für diese Animation lagen drei Positionen am Tag vor, entsprechend wurde die Abspielrate auf 8 Stunden (1/3Tag) festgelegt.

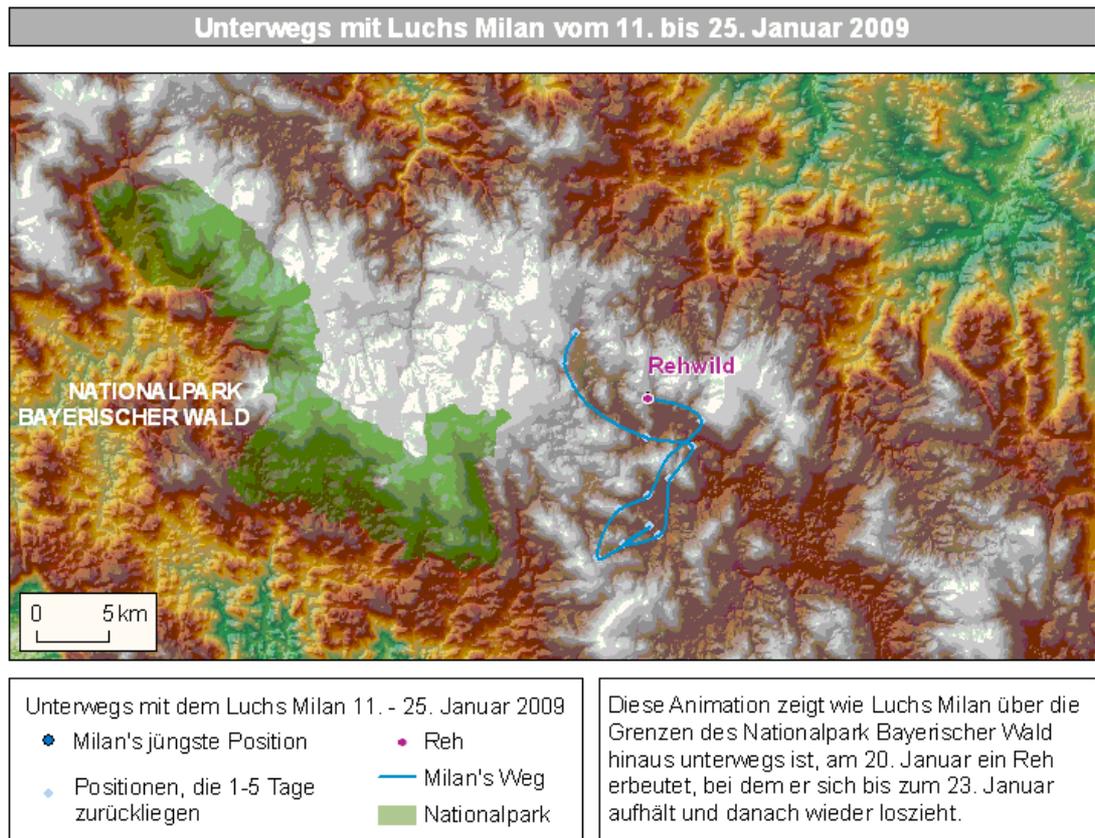


Abbildung 43: Ansicht des Layout-Fensters in ArcMap mit dem Szenario IV

Videoexport

Um unabhängig von der Software *ArcGIS* und seiner Extension *ArcGIS Tracking Analyst* die Animationen weiterzugeben, vorzuführen oder einem breiten Publikum bereit zu stellen, können diese mit dem *Animation Tool* des *ArcGIS Tracking Analyst* als Video exportiert werden. Beim Export der Animation kann zwischen den Formaten AVI Video Engine (.avi) und Frame Image Engine (.bmp) gewählt werden. Letzteres liefert ein Einzelbild für jeden erzeugten Frame (für Diashows). Für diese Arbeit wurden AVI-Dateien erstellt, die ohne jegliche Weiterbearbeitung mit frei verfügbarer Software wie z.B. *Windows Media Player* oder *Apple QuickTime* angesehen werden können.

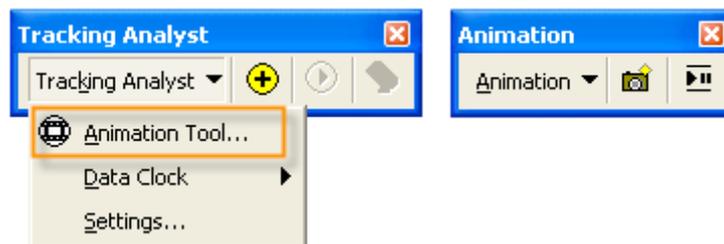


Abbildung 44: Animations-Tool des ArcGIS Tracking Analyst (links) und des ArcGIS Standardpaketes (rechts)

Das Animation Tool des *ArcGIS Tracking Analyst* unterscheidet sich von dem Standardtool (*Animation*) insoweit, dass die speziellen Einstellungen, die an den Temporal Layern vorgenommen wurden, in die Animation übernommen werden. Bei der Standardvariante ist dies nicht der Fall.

Vor dem Export sollten verschiedene Einstellungen im *Animation Tool* erfolgen (Abbildung 45), vor allem damit die entstehende Animation eine gute Bildqualität hat. Dies war der Fall bei den Komprimierungseinstellungen *Microsoft RLE* mit einer Komprimierungsqualität von 100 oder bei *Microsoft Video1* mit einer Komprimierungsqualität von 100 sowie einem Zeit/Bildfaktor von 1. Alle anderen Einstellungen ergaben Videos von nicht zufrieden stellender Qualität.

Außerdem muss die Abspielgeschwindigkeit der Animation über das Zeitintervall pro Frame festgelegt werden. Es empfiehlt sich dieselben Einstellungen wie im Playback Manager vorzunehmen, da diese dort bereits getestet

wurden. Aus diesen Angaben errechnet sich die Gesamtzahl der Frames für die Animation.

Auf der CD-ROM befinden sich die Animationen der vier verschiedenen Szenarien.

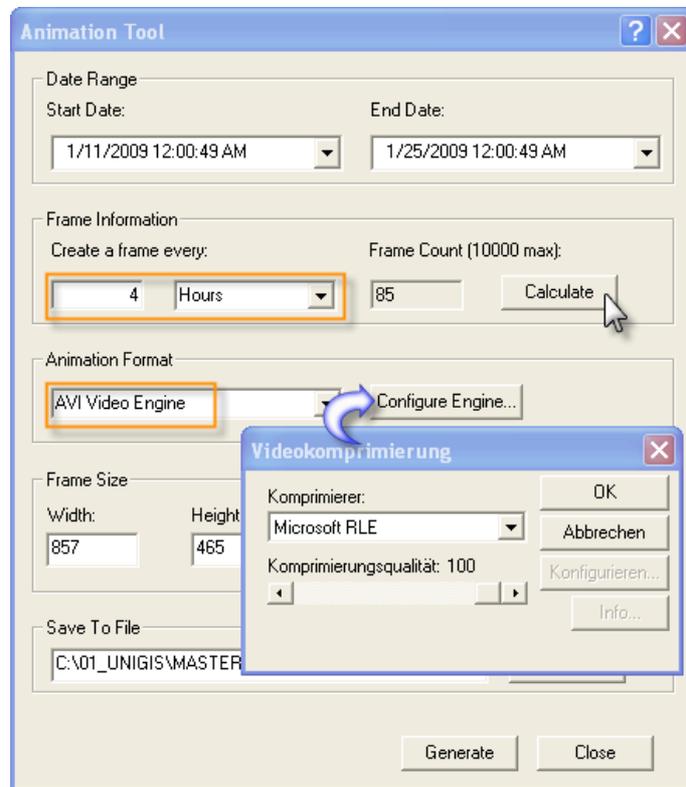


Abbildung 45: Menü des Animation Tool vom ArcGIS Tracking Analyst

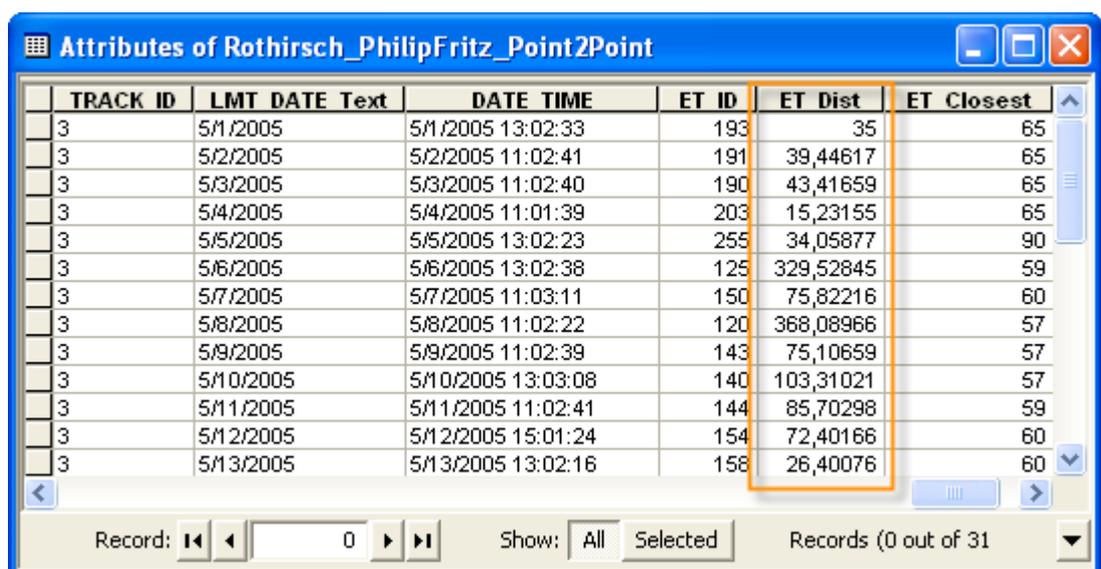
Der *ArcGIS Tracking Analyst* funktioniert auch in *ArcGlobe*, wo die Darstellung ansprechend dreidimensional gestaltet werden kann. Leider gibt es hier aber noch kein *Animation Tool* für den *ArcGIS Tracking Analyst*. Das heißt, dass diese Anwendung nur für Nutzer zugänglich ist, die über die Software *ArcGlobe* verfügen, ein Videoexport ist nicht möglich.

4.3 Analysen

Die in Kapitel 3 festgelegten Anforderungen an Analysefunktionen für das Animal Tracking werden in diesem Abschnitt der Arbeit besprochen. Hierbei wurde mittels *ArcGIS Tracking Analyst* versucht herauszufinden, wie nahe sich Tracks kommen, welche Strecke ein Tier in einer bestimmten Zeit zurücklegt und inwieweit sich Diagramme zur Mustererkennung eignen.

Entfernung zwischen Tracks

Für die Ermittlung der Entfernung zwischen zwei Tracks wurde das Zusatzprogramm *ET GeoWizards* mit dessen Funktion *Point Distance* verwendet. (*ET GeoWizards* kann kostenlos aus dem Internet herunter geladen werden.) Die Funktion *Point Distance* ermittelt die Entfernung für jeden Punkt eines Datenlayers zu dem nächstgelegenen Punkt eines zweiten Datenlayers. Als Datensätze dienten hierfür die der beiden Rothirsche Fritz und Philip aus Szenario II Gatteröffnung. Es wurde ermittelt wie weit jede Position von Rothirsch Philip von der am nächsten liegenden Position von Rothirsch Fritz entfernt ist. Nach der Berechnung entsteht ein neuer Layer, der dem von Rothirsch Philip entspricht mit hinzugefügten Attributen, wie die ermittelte Distanz (ET_Dist). Die entstandene Attributtabelle zeigt Abbildung 46. Die Werte werden in Metern berechnet.



TRACK ID	LMT DATE Text	DATE TIME	ET ID	ET Dist	ET Closest
3	5/1/2005	5/1/2005 13:02:33	193	35	65
3	5/2/2005	5/2/2005 11:02:41	191	39,44617	65
3	5/3/2005	5/3/2005 11:02:40	190	43,41659	65
3	5/4/2005	5/4/2005 11:01:39	203	15,23155	65
3	5/5/2005	5/5/2005 13:02:23	255	34,05877	90
3	5/6/2005	5/6/2005 13:02:38	125	329,52845	59
3	5/7/2005	5/7/2005 11:03:11	150	75,82216	60
3	5/8/2005	5/8/2005 11:02:22	120	368,08966	57
3	5/9/2005	5/9/2005 11:02:39	143	75,10659	57
3	5/10/2005	5/10/2005 13:03:08	140	103,31021	57
3	5/11/2005	5/11/2005 11:02:41	144	85,70298	59
3	5/12/2005	5/12/2005 15:01:24	154	72,40166	60
3	5/13/2005	5/13/2005 13:02:16	158	26,40076	60

Abbildung 46: Ergebnistabelle nach Anwendung der Funktion Point Distance

Da für die Durchführung dieselben Daten wie bei den Visualisierungen genutzt wurden, könnten diese Daten als Tracking Layer abgespielt werden. So konnte die erzeugte Spalte ET_Dist über die Gestaltung der einzelnen Positionen sichtbar gemacht werden. Hierzu wurden die Positionen (Events) mit Hilfe der Entfernungswerte aus der Spalte ET_Dist in fünf Klassen eingeteilt und durch verschiedene Größen und Farben illustriert. Dies zeigt Abbildung 47 sowie die dazugehörige Legende der Entfernungen. Der grüne Track in der Abbildung stellt die Wanderung von Rothirsch Fritz dar, der magentafarbene den des Rothirsches Philip unter Berücksichtigung der Entfernungen zum Track von Fritz.

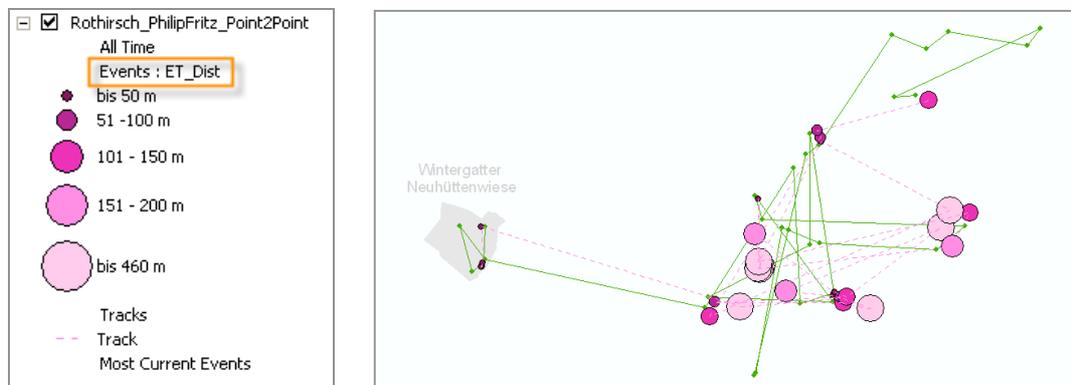


Abbildung 47: Legende und Darstellung der Entfernungen durch Gestaltung des Tracking Layers mittels ArcGIS Tracking Analyst

Streckenermittlung

Auch für die Berechnung der zurückgelegten Strecken eines Tieres wurde auf die Software *ET GeoWizards* zurückgegriffen. Hier wurde die Funktion *Closest Feature Distance* verwendet, welche die Entfernung eines Features in einem Layer zum nächstgelegenen Feature im selben Layer ermittelt.

Auch für diese Analyse wurde der Datensatz von Rothirsch Fritz herangezogen. Abbildung 48 zeigt die Ergebnisse in der Attributtabelle. Die Werte werden auch hier in Metern berechnet.

LMT DATE Text	TRACK ID	DATE TIME	ET ID	ET Dist	ET Closest
5/1/2005	2	5/1/2005 05:02:52	90	241,132743525	94
5/2/2005	2	5/2/2005 09:03:06	65	37,947331922	68
5/3/2005	2	5/3/2005 15:01:54	63	144,201248261	65
5/4/2005	2	5/4/2005 07:03:09	94	241,132743525	90
5/5/2005	2	5/5/2005 09:02:38	68	37,947331922	65
5/6/2005	2	5/6/2005 07:02:24	54	106,606754007	59
5/7/2005	2	5/7/2005 07:03:06	111	188,520555908	113
5/8/2005	2	5/8/2005 07:02:57	56	326,25909949	57
5/9/2005	2	5/9/2005 11:02:04	60	94,132884796	57
5/10/2005	2	5/10/2005 09:03:05	117	142,274382796	114
5/11/2005	2	5/11/2005 09:01:53	74	98,615414617	75
5/12/2005	2	5/12/2005 15:02:10	59	106,606754007	54
5/13/2005	2	5/13/2005 11:02:48	57	94,132884796	60
5/14/2005	2	5/14/2005 07:01:00	109	241,598841057	100
5/15/2005	2	5/15/2005 11:03:05	100	208,254651809	85

Abbildung 48: Ergebnistabelle nach Anwendung der Funktion
Closest Feature Distance

In einer Animation können diese Werte als zusätzliche Information einfließen, in dem die jüngste Position mit den Attributen aus der erzeugten Spalte ET_Dist beschriftet wird, wie in Abbildung 49 verdeutlicht.

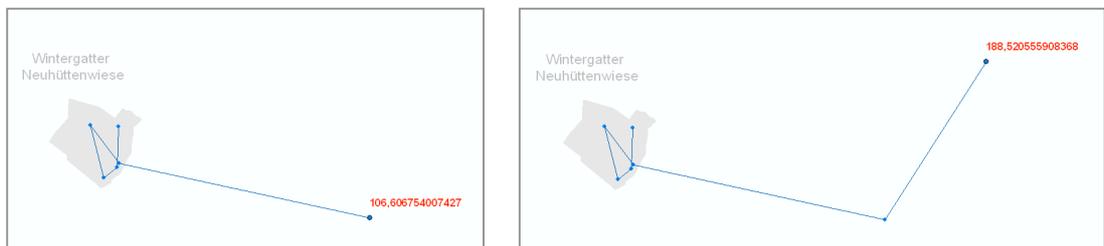


Abbildung 49: Anzeige der Entfernungen pro Streckenabschnitt

Mustererkennung durch Diagramme

Der *ArcGIS Tracking Analyst* verfügt über die Funktion *Data Clock*, die kreisförmige Diagramme erzeugt, aus denen die zeitliche Verteilung der Daten ersichtlich wird. Hier lassen sich gegebenenfalls Muster in den Daten erkennen, die über die Attributtabelle oder die Karte nicht erfasst würden.

Ein Beispiel hierfür sind Hurricanes, die zu einer bestimmten Zeit im Jahr auftreten. Diese Hurricanedichte in dieser Zeit kann in der Data Clock abgelesen werden. So zeigt Abbildung 50, dass von August bis Oktober Hurrica-

nes auftreten und im restlichen Jahr keine. (Die hier verwendeten Daten stammen von ESRI aus dem Tutorial für den *ArcGIS Tracking Analyst*).

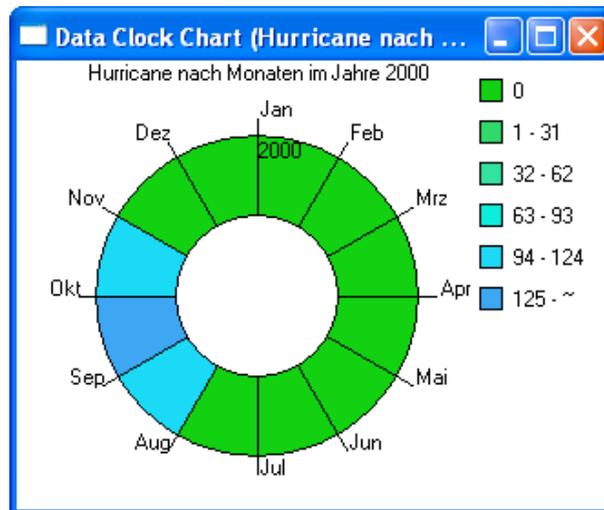


Abbildung 50: Data Clock zeigt die Hurricane-Saison

Die *Data Clock* lässt verschiedene Einstellung bezüglich des zeitlichen Maßstabs zu. Falls die Datenlage es zulässt, kann so weit ins Detail gegangen werden, dass man sich die Datenverteilung in einer Stunde unterteilt in Minuten betrachten kann. (Eine solche Datenverteilung wird in Abbildung 54 gezeigt.)

Der Aufbau dieser Diagramme erfolgt über die Zeitangaben der Ringe und Keile. Beispielsweise heißt die in Abbildung 50 verwendete Einstellung *Years by Months*. Die Datenverteilung soll also in einer Zeitspanne von einem Jahr abgebildet werden, das in seine Monate unterteilt wird. Wobei der Ring das Jahr und die einzelnen Keile die Monate darstellen. Würden die Daten noch für andere Jahre vorliegen, würden entsprechend mehrere Jahresringe angezeigt. Für die Erstellung der Diagramme werden die Klassenanzahl sowie das Farbschema festgelegt. Beides spiegelt sich in der Legende wider und kann nachträglich verändert werden. Die Legende gibt an, wie viele Positionen in einem bestimmten Zeitfenster vorliegen.

Die *Data Clock* funktioniert nur mit Tracking Layern. Das Ergebnisdiagramm lässt sich in das Layoutfenster und somit auch in eine Animation integrieren.

Für die Untersuchung mit den Trackingdaten wurden die von Luchs Milan und Reh Heinz ausgewählt, da sie sehr unterschiedliche Datenverteilungen aufweisen.

Luchs Milan

Wie schon bei der Datenauswahl für die Visualisierungen beschrieben, liegen drei Positionen pro Tag für Milans Datensatz vor. Aufgrund dieser Datenlage wurde für das Diagramm die Zeitangaben *Days of Week by Hours of Day* gewählt. Hier stellen die Ringe die einzelnen Wochentage dar, die Keile die Stunden des Tages. Wie nun die drei Positionen über den Tag verteilt sind zeigt Abbildung 51. Es wird deutlich, dass die Daten jeden Tag in denselben Zeitspannen aufgenommen wurden, nämlich zwischen 0 und 1 Uhr, 6 und 7 Uhr sowie zwischen 18 und 19 Uhr. Dies lässt sich auch in der Attributtabelle in Abbildung 51 erkennen.

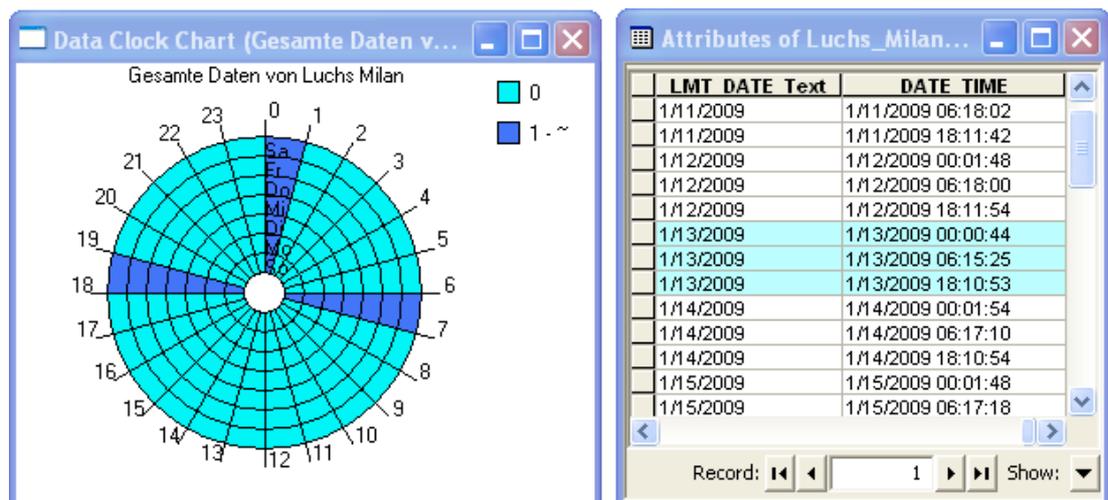


Abbildung 51: Data Clock und Attributtabelle vom Milan

Reh Heinz

Im Gegensatz zum Datensatz von Luchs Milan ist der von Reh Heinz sehr ungleichmäßig was die Datenverteilung anbelangt. So liegen für die meisten Tage ein bis zwei Positionen vor, die zeitlich leicht versetzt aufgenommen wurden. Es gibt aber auch mehrere Tage in Folge (einmal im Monat immer Montag bis Donnerstag), die stündliche Positionen aufweisen. Darüber hinaus wurden an einem Tag (Montag, 12.05.2008) innerhalb einer Stunde minütliche Messungen vorgenommen, sowie zwei weitere zu anderen Zeitpunkten an diesem Tag.

Abbildung 52 illustriert all diese Gegebenheiten im Diagramm, das wie bei Luchs Milan in Wochentage und Stunden aufgeteilt wurde. Die orange gefärbten Felder stellen die Großzahl der Daten mit 1-2 Positionen pro Tag dar. Auch der zweistündige zeitliche Versatz von einem Tag auf den anderen wird sichtbar. Die gelben Felder markieren die Tage, für welche die stündlichen Messungen vorliegen. Es wird auch erkennbar, dass die stündlichen Messungen immer nur von Montag bis Donnerstag gemacht wurden. Das blau hervorgehobene Feld spiegelt den Ausnahmetag mit minütlichen Positionen innerhalb einer Stunde wider.

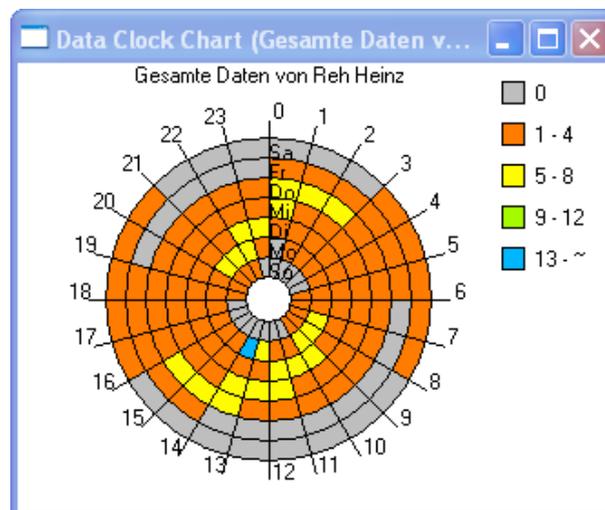


Abbildung 52: Data Clock vom Gesamtdatensatz von Reh Heinz

In Abbildung 53 werden nur die Daten vom 12.05.2008 gezeigt sowie die dazugehörige Attributtabelle. Die beiden blauen Felder stellen die Positionen dar, die nicht in besagter Stunde aufgenommen wurden. Das türkise Feld zeigt die Häufung der minütlichen Messungen.

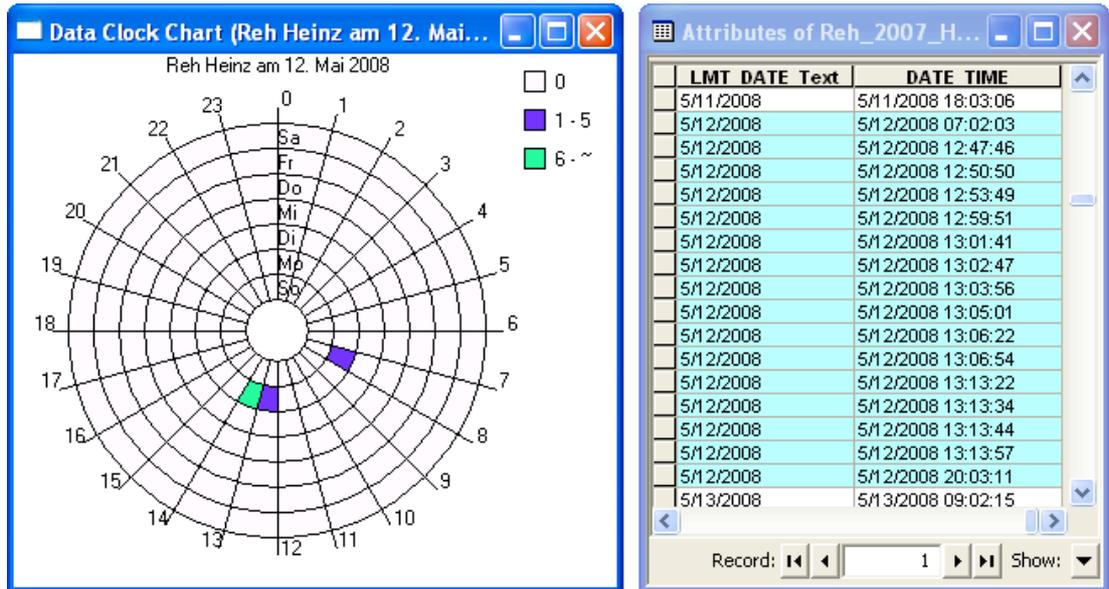


Abbildung 53: Data Clock und Attributtabelle von Reh Heinz am 12.05.2008

Für eine solch dichte Datenlage kann auch eine detailliertere Ansicht mit der *Data Clock* erstellt werden. So zeigt Abbildung 54 eine zeitliche Unterteilung in Stunden und Minuten. Die Ringe, die in dieser Darstellung nur noch als Teilbögen sichtbar werden, repräsentieren die Minuten, wobei nahe dem Zentrum die 1. Minute der Stunde steht und am äußeren Rand die 59. (dies lässt sich wohl aus Gründen der Lesbarkeit nicht abbilden) Die Keile geben die Stunden eines Tages an.

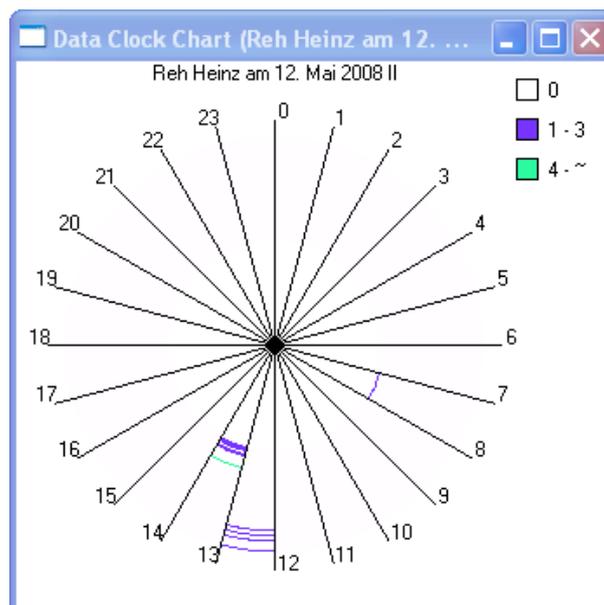


Abbildung 54: Data Clock von Reh Heinz am 12.05.2008 in Stunden und Minuten

5. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die entstandenen Animationen aus Kapitel 4 analysiert und bewertet. Für die Beurteilungen der Visualisierungen werden die in Kapitel 2 vorgestellten Visualisierungskriterien angewandt. Die Analysen werden dahingehend überprüft, inwieweit sie für das Animal Tracking von Belang sind.

5.1 Visualisierungen

Zunächst aber werden die Schwachstellen in den entstandenen Animationen erörtert.

Szenario I: Gerdas Autounfall

Für dieses Szenario wären verschiedene Geschwindigkeiten für die Zeit vor und nach Gerdas Unfall sinnvoll gewesen. Diese Funktion ist allerdings im bestehenden *Animation Tool* des *ArcGIS Tracking Analyst* nicht möglich. Auch über eine entsprechende Datenauswahl ist es nicht geglückt, die Zeit nach dem Autounfall hervorzuheben.

Szenario II, III: Gatteröffnung bzw. Rehböcke in der territorialen Phase

Wie in den Abbildungen 55 und 56 zu sehen, gibt es in den Animationen mehrere Stellen, wo die Bewegungen der Tier nur schwer nachvollzogen werden können, da sie sich auf einem kleinen Gebiet (Wintergatter oder Revier) bewegen. Für solche Situationen wäre ein Zoom während der Animation hilfreich für den Betrachter. Diese Aufgabe lässt sich ebenfalls nicht über das *Animation Tool* lösen. Es wurde versucht eine der Visualisierungstechniken anzuwenden, aber weder *Übersicht und Detail* noch *Fokus und Kontext* konnten dargestellt werden. Durch die Ergänzung eines detaillierten Kartenausschnittes innerhalb oder außerhalb des Kartenfensters hätten so die relevanten Stellen in einem größeren Maßstab abgebildet werden können. Jedoch funktionierte das Abspielen nur in einem der beiden Fenster, nicht aber parallel in beiden. Somit wurde auch diese Lösung des Problems verworfen. In Szenario II sollte außerdem dargestellt werden, wie die Rothirsche den Kamm nach Tschechien hochziehen. Dieses „Hochziehen der Rothirsche“

5. Ergebnisse

(Abbildung 55) wird in der Animation nicht deutlich. Für eine plastische Geländedarstellung fehlte jedoch ein digitales Geländemodell, dessen Auflösung für den benötigten Maßstab von 1:10.000 hoch genug war.

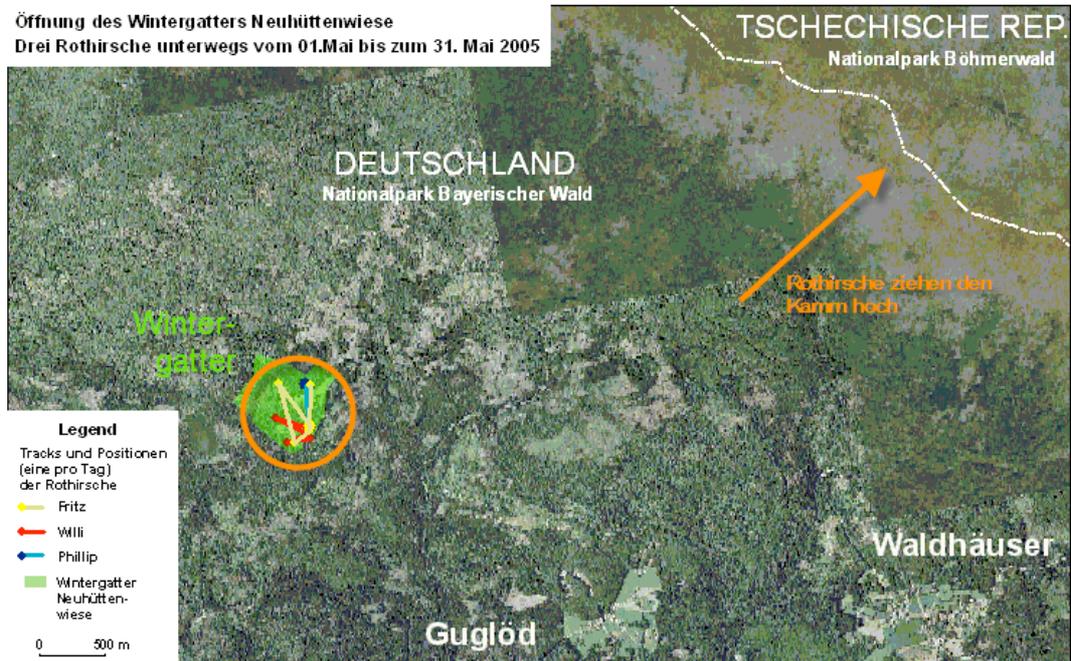


Abbildung 55: Szenario II, Problematik: fehlender Zoom und Höhendarstellung

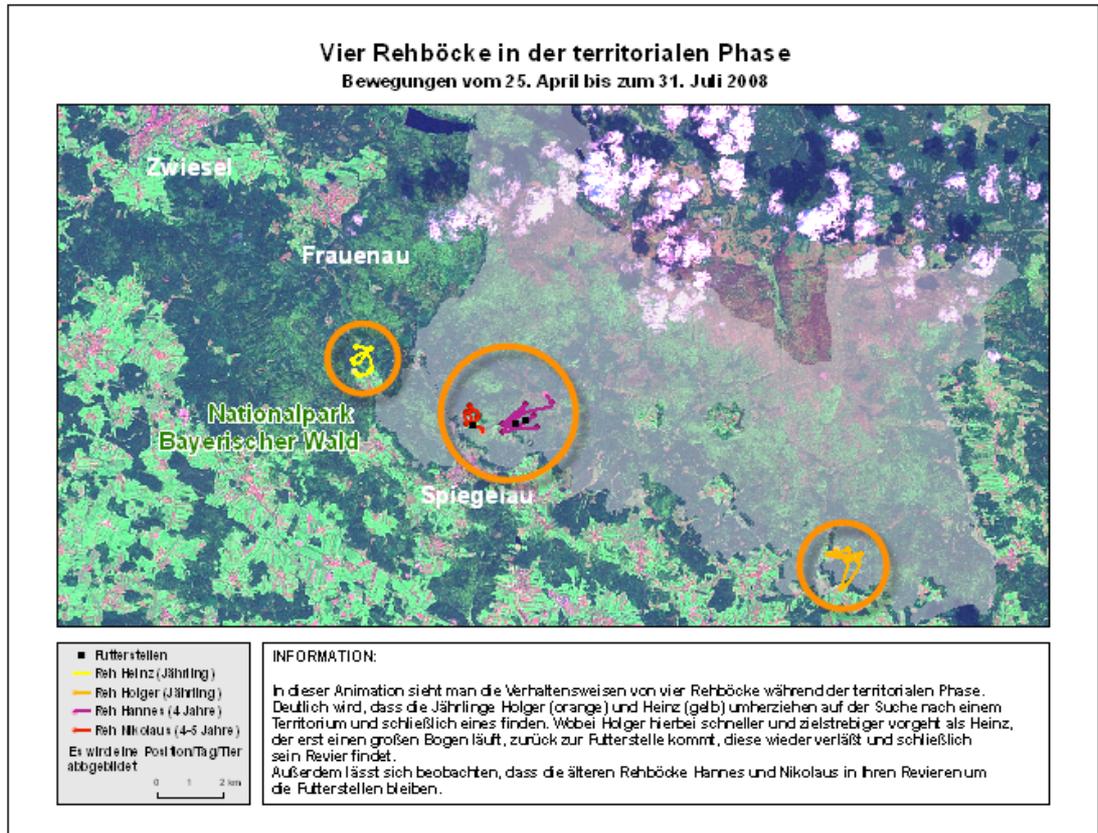


Abbildung 56: Szenario III, Problematik: fehlender Zoom auf die Reviere

Szenario IV: Milan und der Riss

In dieser Animation lassen sich keine Probleme finden. Gegebenenfalls ließe sich das Geländemodell verbessern, sodass keinerlei Pixel mehr sichtbar sind. Dieses Defizit ist aber so gering, dass man es vernachlässigen kann.

Qualität der Visualisierungen

Kriterium Expressivität:

Die Expressivität der vier Animationen wurde durch die Auswahl der Daten im Vorfeld erfüllt. Dies gewährleistet, dass ausschließlich die Daten gezeigt werden, die die gewünschten Informationen enthalten.

Kriterium Effektivität:

Dieses Kriterium überprüft, ob das Bild schnell und intuitiv vom Betrachter interpretiert werden kann. Diesen Anspruch kann nicht für jede der Animationen erhoben werden. So sind die Szenarien II und III aufgrund der teilweise schwer nachvollziehbaren Tierbewegungen nicht als vollständig effektiv zu bewerten. Szenario I und IV hingegen sind effektiv, da die Problematiken in beiden Animationen gering sind und notfalls durch textliche Zusatzinformationen abdeckt werden.

Kriterium Angemessenheit:

Hier wird kontrolliert, ob der Erstellungsaufwand und Nutzen einer Visualisierung in einem guten Verhältnis stehen. Dies gilt für alle vier Szenarien. Für die Gatteröffnung und die territorialen Böcke war der Aufwand für die Datenauswahl höher als bei den anderen beiden Szenarien, da hier mehrer Tiere abgebildet werden mussten.

Bewertungen der Visualisierungen

Die Anforderungen an die Visualisierung können nun abschließend beantwortet werden.

- Kann ein Ergebnis während der Animation hervorgehoben werden? Antwort: Ja. In Szenario I und IV wurde die Unfallstelle bzw. das Reh, das zu Milans Beute wurde, während der Animation eingeblendet. Dies kann über einen zusätzlichen Tracking Layer oder über *Actions* gelöst werden.
- Ist das Zoomen während der Animation möglich? Antwort: Nein. Wie schon besprochen, wäre diese Funktion für Szenario II und III hilfreich.

Ist aber bei der momentanen Funktionalität des *ArcGIS Tracking Analyst* nicht möglich.

- Ist die gleichzeitige Präsentation mehrerer Tiere mit unterschiedlicher Darstellung möglich? Antwort: Ja. Dies wurde in Szenario II und II illustriert.
- Lassen sich die Bewegungen der Tier mittels Tracks nachvollziehen? Antwort: Ja. In allen vier Szenarien wurde diese Funktion verwendet.

Bis auf die Zoomfunktion sind alle Anforderungen an die Visualisierungen erfüllt worden. Da diese fehlende Funktion aber die Lesbarkeit der Darstellung stark beeinträchtigt, ist dies ein großes Defizit. Schließlich ist die Informationsvermittlung das oberste Ziel einer Animation. Zudem ist eine dreidimensionale und damit optisch attraktivere Visualisierung nicht möglich. Das Gesamtergebnis für die Animationen kann daher nur als befriedigend bewertet werden.

5.2 Analysen

Entfernung zwischen Tracks

Die in Kapitel 4 aufgezeigte Lösung zur Ermittlung der Entfernung zwischen zwei Tracks ist nicht die optimale. Denn es können zwar die Entfernungen der Punkte des einen Tracks zu den Punkten des anderen Tracks ermittelt werden, aber nicht nach chronologischen Gesichtspunkten. So wird die Entfernung für einen Punkt des einen Layers zu dem Punkt des anderen Layers gemessen, der zu diesem Punkt *räumlich* am nächsten liegt. So kommt es, dass während die Tracking Layer abgespielt werden, die Entfernungssignaturen nicht zur dargestellten Situation passen. Abbildung 57 veranschaulicht dies: 1 zeigt eine plausible Entfernungsdarstellung, da sich die Tiere kurz nach der Gatteröffnung noch eine Weile auf kleinem Raum bewegt haben. 2 zeigt ebenfalls die richtige Entfernung zum nächste Punkt (grün) und das auch (zufällig) in der richtigen zeitlichen Abhängigkeit zum Track von Rothirsch Fritz (grün). 3 hingegen stimmt nicht mehr in dieser momentanen Abbildung, denn der am nächsten liegende Punkt ist sehr weit entfernt, die Signatur zeigt aber eine kleine Distanz bis 50 m an. Zu einem späteren Zeit-

punkt, wenn also der so nahe gelegene Punkt „an der Reihe“ ist, stimmt die Information jedoch.

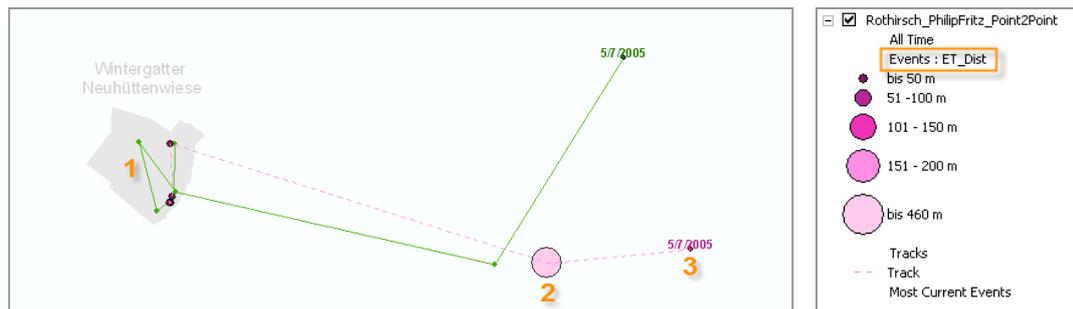


Abbildung 57: Problematik der Analyse „Wie nahe kommen sich zwei Tracks“

Es lässt sich also über diese Funktion nicht feststellen, wie nahe sich zwei Tiere kommen, bevor sie einander wahrnehmen und sich von einander entfernen. Es ließe sich aber eventuell mit dieser Analysefunktion feststellen, wie die Tiere sich verhalten, wenn sie in ein Revier eines anderen Tieres eindringen.

Streckenermittlung

Die verwendete Lösung gibt Auskunft über die von einem Tier zurückgelegten Streckenabschnitte in einer bestimmten Zeit. Diese Zeit hängt von der Datenauswahl ab. Liegt eine Position pro Tag vor, so bewältigt es die angegebene Entfernung in einem Tag, liegen z.B. drei Positionen pro Tag vor, so legt das Tier die angegebene Distanz in durchschnittlich 8 Stunden zurück. Die Ansicht müsste für eine Animation optimiert werden, beispielsweise könnten Entfernungsangabe statt mit 188,520555908368 mit 188m/Tag angegeben werden, damit der Betrachter den Sinn der Werte schnell erfasst. Die ermittelten Ergebnisse können, wie auch bei den Entfernungen zwischen Tracks, nur als ungefähre Werte angesehen werden, da sie die Entfernung als Luftlinie messen und nicht den genauen Weg des Tieres.

Diese Analysefunktion eignet sich gut für das Animal Tracking.

Sowohl die Analysefragen *Wie nahe kommen sich zwei Track?* als auch die der *Streckenermittlung* lassen sich nicht direkt aus dem *ArcGIS Tracking Analyst* generieren.

Mustererkennung durch Diagramme

Die Erstellung von Diagrammen mit der Funktion *Data Clock* des *ArcGIS Tracking Analyst* ist sinnvoll, wenn die Daten ereignisabhängig gewonnen werden. So lassen sich Phänomene und Muster in den Diagrammen erkennen, die man vorher nicht kannte. Neben den Hurricanes könnte auch die Kriminalität als Beispiel genannt werden. Vielleicht würde das Diagramm anzeigen, dass nachts zwischen 2 und 4 Uhr am häufigsten eingebrochen wird. Für das Animal Tracking mittels Sendehalsbändern bedeutet es jedoch, dass die erzeugten Diagramme nur eine Alternative zum Blick in die Attributtabelle des jeweiligen Datensatzes bedeutet. Denn Anzahl und Abstände der erfassten Positionen, werden z.B. von den Mitarbeitern der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald festgelegt und können jederzeit verändert werden. Die Diagramme der *Data Clock* werden somit für diese Anwendung keine überraschenden Erkenntnisse liefern.

Verwendet man aber die Daten der Fotofallen, die zufällig ausgelöst werden, wenn ein Tier den Wärmesensor aktiviert, so könnte die Verwendung der *Data Clock* interessant sein. Es könnte hier beispielsweise ersichtlich werden, zu welchen Tages- oder Jahreszeiten viele oder wenige Luchse an dem Standort der Kamera vorbeikommen.

Bewertung der Analysen

In Kapitel 3 wurden untenstehende Fragen zu den Analysen aufgestellt, deren Antworten hier zusammengefasst werden.

- Wie nahe kommen sich zwei Tracks?
- Welche Strecke legt ein Tier in einer bestimmten Zeit zurück?
- Welche Möglichkeiten der zeitlichen Mustererkennung durch Diagramme gibt es?

Für alle drei Fragen konnten mit den Funktionen des *ArcGIS Tracking Analyst* bzw. mit denen des *ET Geowizards* die oben beschriebenen Lösungen gefunden und dargestellt werden. Die definierten Anforderungen an die Analysen konnten also bis auf die Entfernungsermittlung zwischen Tracks zur Zufriedenheit erfüllt werden.

6. Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

In dieser Arbeit wurde ein Überblick über die Visualisierungsmethoden der dynamischen Kartographie gegeben, der in zwei Blöcken aufgeteilt wurde:

- Statische Darstellung von dynamischen Prozessen in Karten:
- Dynamische Darstellung von raum-zeitlichen Veränderungen in Animationen

Die in diesem theoretisch-methodischen Teil der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse zu Animationen wurden anschließend für das Anwendungsbeispiel Animal Tracking genutzt. Hierfür wurde ein Use Case Diagramm erstellt, aus dem Anforderungen für die

- Visualisierungen und
- Analysen

des Animal Tracking entwickelt werden könnten. Im nächsten Schritt wurde versucht, diese Anforderungen in einem GIS umzusetzen. Im Speziellen unter Verwendung der Programmerweiterung *ArcGIS Tracking Analyst* von *ArcGIS 9.3*. Aus den Umsetzungsergebnissen der Visualisierungen und Analysen können nun zusammenfassend folgende Fragen über die Funktionalität des *ArcGIS Tracking Analyst* beantwortet werden:

- Reichen die Funktionen des *ArcGIS Tracking Analyst* in seiner Standardausführung für die geforderten Darstellungsmethoden aus?
- Inwieweit kann der *ArcGIS Tracking Analyst* in seiner Standardausführung zu Analyse Zwecken verwendet werden?
- Wo sind die Grenzen des *ArcGIS Tracking Analyst* für diese Anforderungen?

Für die Visualisierungen und Analysen wurden die Anforderungen zu einem hohen Grade erfüllt. Die Funktionalität des *ArcGIS Tracking Analyst* ist also gut. Fehlende Features können mittels ArcObjects hinzuprogrammiert und eingebunden werden.

Die Grenzen des Tools liegen zum einen in der grafischen Umsetzung, zum anderen im Videoexport für die dreidimensionale Darstellung aus *ArcGlobe*.

Die **grafische Darstellung** der einzelnen Elemente der Tracking Layer ist nicht immer vorteilhaft. So kann ein Track nicht unter die Positionspunkte oder die Beschriftung selbiger gelegt werden. Dies erschwert vor allem bei der Beschriftung die Lesbarkeit. Auch ist es nicht möglich die Schrift automa-

tisch so platzieren zu lassen, dass diese möglichst nicht von einem Track überlappt wird (siehe Szenario I). Man kann lediglich eine Beschriftungsposition für die gesamte Animation festlegen.

Die Gestaltung von **Animationen in ArcGlobe** ist besonders interessant, wenn Tiere dargestellt werden, die sich in verschiedenen Höhen aufhalten, wie z.B. Vögel. Hier gibt es die Möglichkeit, die Perspektive so zu verändern, dass die verschiedenen Flughöhen der Tiere eindrucksvoll abgebildet werden können. Da für dieses Programm aber der Videoexport fehlt, kann diese Animation nicht ohne weiteres transportiert werden.

Betrachtet man das Schema des Animationsprozesses von Dransch (2000), aus Kapitel 2, so entdeckt man Komponenten, die nicht in die hier erstellten Animationen eingeflossen sind. Dazu zählen **Soundtrack und Audio** sowie **Kameraeinstellung** (Perspektive) und **Lichtquellen** zur plastischen Darstellung oder Hervorhebung von bestimmten Ausschnitten. Die **Veränderungsvorschriften** konnten nur in eingeschränkter Form Anwendung finden, da z.B. Veränderungen der Klassenanzahl oder Wechsel des gezeigten Ausschnitts nicht möglich waren.

Ein weiterer Punkt ist eine fehlende **Anzeige des Datums/Zeitpunkts** für die aktuell gezeigte Szene während der Animation. Dies ist in *ArcGIS* ebenfalls nicht umsetzbar, dafür hingegen in *ArcGlobe*.

Ein großer Vorteil von Animationen ist die **Interaktivität**. Also die Beeinflussung des Animationsablaufes vonseiten des Betrachters/Anwenders. Diese Möglichkeit existiert für den *ArcGIS Tracking Analyst* ebenfalls nicht.

Sollen zukünftig Animationen mit dem *ArcGIS Tracking Analyst* erstellt werden, die der optimalen Informationsvermittlung und Präsentation von wissenschaftlichen Sachverhalten dienen, so sind die oben genannten Punkte noch umzusetzen.

Diese Umsetzungen würden auch der Präsentation des Animal Tracking im Nationalpark Bayerischer Wald zugute kommen. Es könnten auf diesem Wege Animationen entstehen, die besser auf die Zielgruppen der Besucher zugeschnitten sind. Beispielsweise für Kinder in verschiedenen Altersklassen, Erwachsene, Waldbesitzer, denen der Rothirsch näher gebracht werden soll, oder für die forschenden Mitarbeiter des Nationalparks.

Dieses Angebot könnte außerdem durch Internetanwendungen ergänzt werden, welche die Tierbewegungen in Echtzeit abbilden und gegebenenfalls automatisch in entsprechende Animationen einbinden.

Literaturverzeichnis

- Bollmann, J. & Koch, W.G., 2001. *Lexikon der Kartographie und Geomatik: in zwei Bänden*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag GmbH.
- Butler, P., 2007. *Heart rate monitoring from vertebrates and the estimation of field metabolic rate*. [Online] (Update 200?). Princeton, New Jersey: Animal Tracking and Physiological Monitoring Workshop. S. 22. URL: <http://www.movebank.org/> [Stand 03. Mai 2009].
- Buziek, G., 2000. Theoretische Grundlagen der Gestaltung von Animationen und praktische Beispiele. In: Buziek, G., Dransch, D. & Rase, W.-D., 2000. *Dynamische Visualisierung: Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen*. Berlin Heidelberg New York, Deutschland USA: Springer-Verlag. S. 15-40.
- CzechTourism.com (Tourismusvertretung der Tschechischen Republik), 2009. *Nationalpark und Landschaftsschutzgebiet Šumava (Böhmerwald)* [Online] (Update 200-). URL: <http://www.czechtourism.com/ger/de/docs/what-to-see/national-parks/all/sumava/> [Stand 17. Mai 2009].
- Dransch, D., 1994. *Temporale und nontemporale Computer-Animation in der Kartographie*. Ph. D. Berlin: Fachbereich Geowissenschaften an der Freien Universität Berlin.
- Dransch, D., 2000. Begriffe und Grundprinzipien der Animation. In: Buziek, G., Dransch, D. & Rase, W.-D., 2000. *Dynamische Visualisierung: Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen*. Berlin Heidelberg New York, Deutschland USA: Springer-Verlag. S. 5-13.
- ESRI Deutschland, 200- a, *ArcGIS Tracking Analyst*. [Online] (Update 200-). URL: <http://esri-germany.de/products/arcgis/extensions/trackinganalyst/>. [Stand 16. Mai 2009].
Sowie *ArcGIS 3D Analyst*. [Online] (Update 200-). URL: <http://esri-germany.de/products/arcgis/extensions/3danalyst/index.html> [Stand 16. Mai 2009]

- ESRI Deutschland, 200- b, *Roadmap_ArcGIS_9x.pdf*. [Online] (Update 200-). URL: <http://www.esri-germany.de/products/arcgis/index.html> und ArcGIS Neuerungen seit Release ArcGIS 9.0 - Überblick und Ausblick anklicken. [Stand 05. Juli 2009].
- ESRI, 2004. *ArcGIS 9 Using ArcGIS tracking Analyst*. Redlands, USA: ESRI Press.
- ESRI ArcGIS 9.3 Desktop Help, *Getting Started with Tracking Analyst: An Overview of Tracking Analyst*. [Online] (Updated 24. April 2009) URL: [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?id=6594&pid=6593&topicname=An overview of Tracking Analyst](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?id=6594&pid=6593&topicname=An%20overview%20of%20Tracking%20Analyst). [Stand 12. Mai 2009]
- Fox, J.W. & Afanasyey, V., 2007. *An introduction to solar geolocation and archival tags*. [Online] (Update 200-). Princeton, USA: Animal Tracking and Physiological Monitoring Workshop. S. 10. URL: <http://www.movebank.org/> [Stand 03. Mai 2009].
- Francis, B. & Pritchard, J., 1997. *Visualisation of historical events using Lexis pencils*. [Online] (Update 199?). Lancaster, UK: Centre for Applied Statistics, Fylde College, Lancaster University. URL: http://www.agocg.ac.uk/reports/visual/casestud/francis/abstra_1.htm [Stand 02. August 2009].
- Götze, W. & van den Berg, N., 2003. *Techniken des Business Mapping*. München, Deutschland: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200- a. *Technik*. [Online] (Update 200-). URL: <http://www.luchserleben.de/technik/> [Stand 07. Mai 2009].
- Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald , 200- b. *Portrait*. [Online] (Update 200-). URL: <http://www.nationalpark-bayerischer-wald.de/besucherinfo/portrait/index.htm> [Stand 16. Mai 2009].
- Naturpark Bayerischer Wald e.V., 2005. *Der Luchs*. [Online] (Update 200-). URL: <http://www.luchsprojekt.de/index.html> [Stand 17. Mai 2009].
- Nordregio – Nordic Centre of Spatial Development, 2005, *Maps & Graphs* [Online] (Update 200-). URL: <http://www.nordregio.se/> und auf Maps & Graphs klicken [Stand 01. August 2009].
- Olbrich, G., Quick, M., Schweikart, J., 1996. *Computerkartographie*. 2. Auflage, Springer Verlag.

- Tominski, C., Schulz-Wollgast P. & Schumann, H., 2003. Visualisierung zeitlicher Verläufe auf geographischen Karten. *Kartographische Schriften*, Band 7, S.47-57. Oder: Universität Rostock, 2003. *Visualisierung zeitlicher Verläufe auf geographischen Karten*. [Online] (Update 2003). URL: www.informatik.uni-rostock.de/~ct/Publications/geovis.pdf [Stand 02. August 2009].
- Trense, W., 2005. *Großwild weltweit*. Graz, Österreich: Leopold Stocker Verlag.
- uni-protokolle.de, 200-. *Lexikon: Visualisierung*. [Online] (Update 200-). URL: <http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Visualisierung.html> [Stand 28. Juli 2009].
- Universität Rostock, 2001. *GI-Lexikon: Dynamische Karte*. [Online] (Update 2008). URL: <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de> [Stand 19. Juli 2009].
- Worboys, M. & Duckham, M., 2004. *GIS: A computing perspective*. 2nd ed. Boca Raton London New York Washington D.C. Boca Raton: CRC Press